

Texto del estudiante

# Física

Educación media

# 1º



Edición Especial para  
el Ministerio de Educación  
Prohibida su comercialización

Gonzalo Guerrero Hernández  
José Miguel Muñoz San Martín

 **SANTILLANA**

Texto del estudiante

# Física

Educación media

Texto del estudiante

# Física

Educación media

# 1º



Edición Especial para  
el Ministerio de Educación  
Prohibida su comercialización

Gonzalo Guerrero Hernández  
José Miguel Muñoz San Martín



Gonzalo Guerrero Hernández

LICENCIADO EN EDUCACIÓN

PROFESOR DE FÍSICA Y MATEMÁTICA

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

José Miguel Muñoz San Martín

LICENCIADO EN EDUCACIÓN

PROFESOR DE EDUCACIÓN MEDIA EN FÍSICA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE

MAGÍSTER(C) EN EDUCACIÓN, MENCIÓN

DIDÁCTICA E INNOVACIÓN PEDAGÓGICA

UNIVERSIDAD ACADEMIA DE HUMANISMO

CRISTIANO



Ministerio de  
Educación

Gobierno de Chile

El texto del estudiante *Física 1° Educación media*, es una obra colectiva, creada y diseñada por el Departamento de Investigaciones Educativas de Editorial Santillana, bajo la dirección editorial de:

**RODOLFO HIDALGO CAPRILE**

**SUBDIRECCIÓN EDITORIAL ÁREA PÚBLICA**

Marisol Flores Prado

**ADAPTACIÓN Y EDICIÓN**

Rocío Fuentes Castro

**ASISTENTE DE EDICIÓN**

Miguel Elgueta Águila

**AUTORES**

Gonzalo Guerrero Hernández  
José Miguel Muñoz San Martín

**JEFATURA DE ESTILO**

Alejandro Cisternas Ulloa

**CORRECCIÓN DE ESTILO**

Carlos Almonte Carvajal  
Ana María Campillo Bastidas  
Cristina Varas Largo

**DOCUMENTACIÓN**

Paulina Novoa Venturino  
Cristian Bustos Chavarría

**SUBDIRECCIÓN DE DISEÑO**

Verónica Román Soto

Con el siguiente equipo de especialistas:

**DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN**

Hiram Contreras Castillo

**FOTOGRAFÍA**

César Vargas Ulloa  
Archivo Santillana  
Latinstock  
Wikimedia Commons

**ILUSTRACIONES**

Carlos Urquiza Moreno  
Archivo editorial

**CUBIERTA**

Raúl Urbano Cornejo

**PRODUCCIÓN**

Rosana Padilla Cencever

© 2013, by Santillana del Pacífico S. A. de Ediciones.  
Dr. Aníbal Ariztía 1444, Providencia, Santiago (Chile). Impreso  
en Chile por Quad/Graphics. ISBN: 978-956-15-2303-6.  
Inscripción N°: 235.491. Se terminó de imprimir esta 1ª edición  
de 265.600 ejemplares en el mes de diciembre del año 2013.  
[www.santillana.cl](http://www.santillana.cl)

**Referencias de los textos:** *Enciclopedia de las preguntas, tomo 1 y 10* de la autora Adriana Llano y los ilustradores Fernando San Martín y Paulo Soverón, Santillana, Buenos Aires, Argentina, 2008. *Enciclopedia del Estudiante, tomo 12*, de varios autores, Santillana, Madrid, España, 2010. *Hipertexto 9*, de varios autores, Santillana, Bogotá, Colombia, 2010. *Física, para quinto año de secundaria serie Hipervínculos*, con la edición de Silvia Arce, Santillana, Lima, Perú, 2010. *Hipertexto Física 2*, de los autores Mauricio Ballén y Olga Romero, Santillana, Bogotá, Colombia, 2011. *Física, para quinto año de secundaria serie Innova*, con la edición de Susana Fonseca, Santillana, Lima, Perú, 2010.

## Presentación

La necesidad del ser humano por explicarse lo que ocurre a su alrededor dio origen a las ciencias. Fenómenos como los rayos, el sonido, la luz y los sismos fueron aspectos que despertaron la curiosidad y el interés por el estudio de la naturaleza.

En tu texto de física podrás conocer qué es el sonido y cómo somos capaces de escuchar. También aprenderás que la luz nos permite observar el entorno. Estudiarás cómo se originan los sismos y las erupciones volcánicas, además de las características de las fuerzas elásticas y del movimiento relativo. Junto con esto, podrás llevar a cabo algunos procedimientos científicos, que te acercarán al trabajo de las personas que se dedican a las ciencias.

Como verás a lo largo de cada unidad, estudiar y aprender física no involucra solo la matemática, sino que implica poner atención y observar tu entorno desde el punto de vista físico para poder interpretar y comprender los fenómenos naturales.

Te invitamos a explorar el mundo de la física para que conozcas el papel fundamental que cumple en tu vida diaria.

¡Bienvenidos!

En el texto hemos restringido las referencias web solo a sitios estables y de reconocida calidad, a fin de resguardar la rigurosidad de la información que allí aparece.

### Este libro pertenece a:

Nombre: \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Colegio: \_\_\_\_\_

Te lo ha hecho llegar gratuitamente el Ministerio de Educación a través del establecimiento educacional en el que estudias.

Es para tu uso personal tanto en tu colegio como en tu casa; cuídalo para que te sirva durante varios años.

Si te cambias de colegio lo debes llevar contigo y al finalizar el año, guárdalo en tu casa.



Bienvenidos a la física

## Unidad 1 Ondas y sonido

### Lección 1: ¿Qué es una onda?

Ejemplo resuelto 1:

Calcular magnitudes de una onda transversal

### Lección 2: ¿Qué es el sonido?

Habilidades científicas: Manejo de errores

Taller científico: Construir una flauta de PVC

Evaluación de proceso (lecciones 1 y 2)

### Lección 3: ¿Cómo escuchas?

Ejemplo resuelto 2:

Detectar objetos sumergidos en las profundidades del mar

### Lección 4: ¿Cómo interactúa el sonido con el entorno?

Habilidades científicas: Plantear inferencias

Evaluación de proceso (lecciones 3 y 4)

Síntesis de la unidad

Evaluación final

Actividades complementarias

Ciencia, tecnología y sociedad

## Unidad 2 Propiedades y comportamiento de la luz

### Lección 1: ¿Qué es la reflexión?

Ejemplo resuelto 1:

Construir el diagrama de rayos para una cocina solar

Habilidades científicas:  
¿Cómo formular una hipótesis?

Taller científico:

Comprobar la ley de reflexión

### Lección 2: ¿Qué es la refracción?

Habilidades científicas:  
¿Qué diferencias existen entre hipótesis, leyes y teorías?

Taller científico:

¿De qué depende la formación de imágenes en una lupa?

Evaluación de proceso (lecciones 1 y 2)

### Lección 3: ¿Cómo ves la luz?

### Lección 4 ¿Qué es la luz?

Evaluación de proceso (lecciones 3 y 4)

Síntesis de la unidad

Evaluación final

Actividades complementarias

Ciencia, tecnología y sociedad

74

76

85

87

88

90

101

102

104

106

112

120

122

124

127

130

<b>Unidad 3 El poder de la naturaleza: sismos y volcanes</b>	<b>132</b>	<b>Unidad 4 Fuerza y movimiento</b>	<b>182</b>
<b>Lección 1: ¿Qué son los sismos?</b>	<b>134</b>	<b>Lección 1: ¿Qué son las fuerzas?</b>	<b>184</b>
Ejemplo resuelto 1: Identificar el epicentro de un sismo	140	<b>Lección 2: ¿Cómo se miden las fuerzas?</b>	<b>188</b>
<b>Lección 2: ¿Qué son los volcanes?</b>	<b>144</b>	Ejemplo resuelto 1: Ley de Hooke	194
Habilidades científicas: Interpretar gráficos	151	Habilidades científicas: ¿Cómo se plantea un problema de investigación?	197
Evaluación de proceso (lecciones 1 y 2)	152	Evaluación de proceso (lecciones 1 y 2)	198
<b>Lección 3: ¿Cómo es el interior de la Tierra?</b>	<b>154</b>	<b>Lección 3: ¿Cómo sé si algo se mueve?</b>	<b>200</b>
<b>Lección 4: ¿Cómo advertimos los cambios en la superficie terrestre?</b>	<b>160</b>	<b>Lección 4: ¿Por qué el movimiento es relativo?</b>	<b>206</b>
Habilidades científicas: Interpretar información científica	167	Ejemplo resuelto 2: Calcular velocidad relativa	213
Taller científico: Interpretación de la deriva continental	168	Habilidades científicas: ¿Cómo formular explicaciones científicas?	215
Evaluación de proceso (lecciones 3 y 4)	170	Taller científico: Velocidad relativa	216
Síntesis de la unidad	172	Evaluación de proceso (lecciones 3 y 4)	218
Evaluación final	174	Síntesis de la unidad	220
Actividades complementarias	177	Evaluación final	222
Ciencia, tecnología y sociedad	180	Actividades complementarias	225
		Ciencia, tecnología y sociedad	228
		<b>Anexos</b>	<b>230</b>
		Glosario	238
		Índice temático	244
		Solucionario	247
		Bibliografía	256
		Agradecimientos	256

# Bienvenidos a la física

Estimados alumnos, bienvenidos al comienzo de lo que será una gran aventura a través de una de las llamadas ciencias básicas: la física. El objetivo de este Texto, y el de los que vendrán a futuro, será entregarte los conceptos y herramientas necesarios para que desarrolles tus habilidades y, con ello, puedas comprender y relacionarte mejor con el mundo que te rodea.

## ¿Qué es la física?

Se ha dicho y escrito mucho acerca de qué es lo que verdaderamente estudia la Física como ciencia.

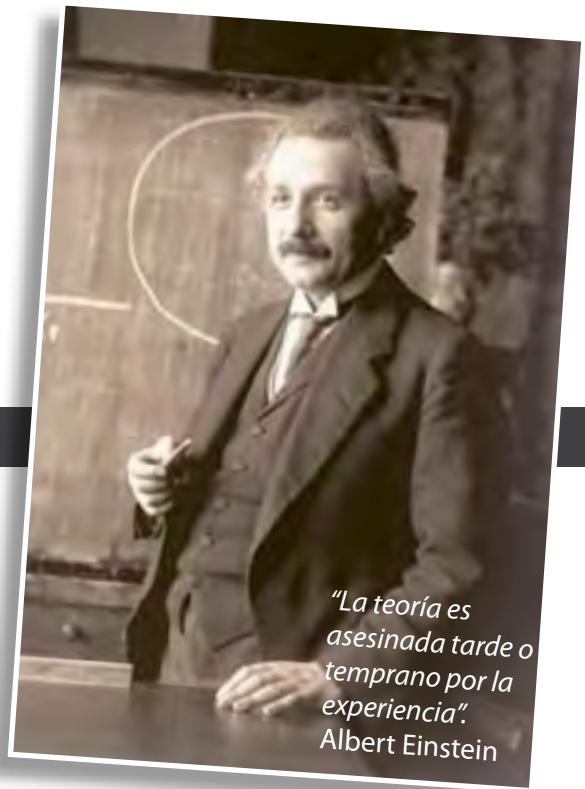
**Física** proviene del griego, que significa **realidad** o **naturaleza**. Este término habría sido introducido por Aristóteles, hace aproximadamente 2 300 años.

## ¿Qué estudia esta disciplina?

La física indaga acerca del porqué y el cómo suceden los fenómenos naturales que observamos a diario. En este proceso se utilizan los sentidos y los instrumentos de medición y de observación de los cuales se dispone. Así, esta ciencia se considera una de las más ambiciosas, pues pretende explicar los fenómenos que ocurren en el universo sobre la base de muy pocos principios y leyes.

En la búsqueda de explicaciones para fenómenos tan cotidianos como la caída de una manzana o tan lejanos como la explosión de las estrellas, muchas veces los científicos se encuentran frente a descubrimientos asombrosos.

Así, se puede concluir que la física se encarga de estudiar realidades básicas como el movimiento, las fuerzas, la energía, la materia, el calor, el sonido, la luz y el interior de los átomos. Seguramente te preguntas qué aprenderás en esta asignatura. A medida que vayas avanzando comprenderás cómo la energía se transfiere a través de la materia, por ejemplo, cuando el sonido de un equipo de audio llega hasta tus oídos. En el estudio de la fuerza y el movimiento aprenderás a evidenciar cuándo un cuerpo se encuentra en movimiento y qué parámetros necesitas para establecer que algo se mueve. También comprenderás por qué los objetos caen a tierra, mientras que los satélites se mantienen en órbita.





## Ramas de la física

Según las características del fenómeno que se estudie, la física se divide en **física clásica** y **física moderna**.

La física clásica, que fue desarrollada hasta finales del siglo XIX, también es llamada **física newtoneana** debido al científico que más principios aportó a ella. Estudia fenómenos cuya velocidad es relativamente baja, mucho menor que la velocidad de la luz, y a escalas espaciales muy superiores en comparación con los átomos y las moléculas. Por ejemplo, desde el punto de vista de la física clásica se puede analizar el movimiento de un auto; sin embargo, no explica la interacción que existe entre un fotón y un electrón.

La física clásica contempla las siguientes subdivisiones:

### Física clásica

#### Mecánica ondulatoria

Estudia los fenómenos relacionados con el comportamiento ondulatorio del sonido y la luz (óptica y acústica).



#### Mecánica

Describe las condiciones de reposo o movimiento de los cuerpos y su cambio en el tiempo bajo la acción de distintas fuerzas.



#### Termodinámica

Estudia los fenómenos asociados a la temperatura de los cuerpos y las relaciones entre calor y trabajo.



#### Electromagnetismo

Describe los fenómenos relacionados con las cargas fijas y en movimiento (electricidad y magnetismo).

## Física moderna y contemporánea

Esta rama de la física comienza a desarrollarse desde inicios del siglo XX. Se enfoca principalmente en el mundo microscópico de las partículas y en los fenómenos cuya velocidad se acerca a la velocidad de la luz.

Hasta finales del siglo XIX se pensaba que la física había llegado a su fin y que todo podía explicarse a partir de la física clásica. Sin embargo, una serie de resultados experimentales innovadores que no podían explicarse con los principios y leyes de la física clásica y algunas inconsistencias de esta rama originaron una revolución. Así surgieron las subdivisiones que hoy son parte constitutiva de la física moderna y contemporánea: la **relatividad**, la **mecánica cuántica** y la **física de partículas**.

### Física moderna

#### Relatividad

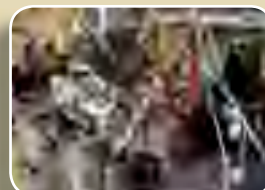
Teoría que describe el movimiento de los objetos cuya velocidad es cercana a la de la luz.

#### Mecánica cuántica

Teorías que conectan el comportamiento de la materia a nivel atómico con el ámbito macroscópico.

#### Física de partículas

Se ocupa del estudio de las partículas elementales y sus interacciones. Se entiende como partículas elementales aquellas que no están formadas por componentes más pequeños.





## Procedimientos científicos

El **método científico** puede ser considerado como el proceso que sigue cualquier ciencia para acceder al conocimiento. Consiste en una secuencia lógica de pasos para que el trabajo del físico, o de cualquier otro científico, adquiera validez. Si bien este método puede variar en los detalles, se define de acuerdo con los siguientes pasos:

**Observar** un fenómeno y **realizar** mediciones.

**Identificar** o **plantear** el **problema** o situación problemática que se quiera investigar.

**Formular** una respuesta probable o hipótesis.

**Elegir** el mejor **procedimiento** para poner a prueba la hipótesis.

**Llevar a cabo un experimento.**

**Obtener e interpretar** los datos para verificar o rechazar las hipótesis.

**Enunciar leyes y teorías.**

**Comprobar** experimentalmente las leyes y teorías, o rechazarlas en un nuevo contexto de conocimiento.

Es muy importante destacar que para hacer ciencia no es necesario seguir estos pasos en forma secuencial. Una investigación puede comenzar a partir de una reflexión con otras personas, por una observación o una lectura. Investigar supone utilizar un conjunto de procedimientos que se vinculan con el objeto de estudio y con el tipo de problema que se investiga.

## ¿Qué herramientas utiliza la física para interpretar la realidad?

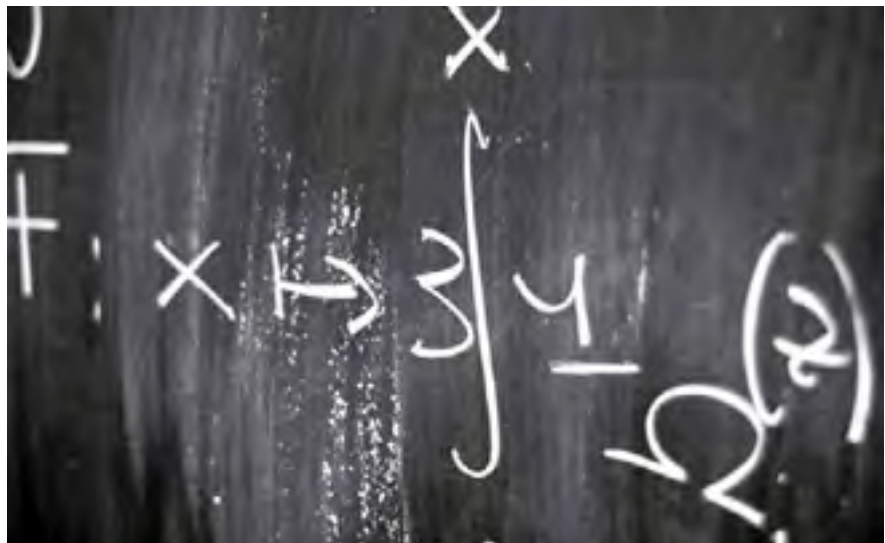
Para estudiar y descifrar los fenómenos naturales, los físicos hacen una abstracción de la realidad seleccionando solo algunas propiedades que consideran relevantes. Así, construyen los llamados **modelos físicos**, que pueden constituir una buena interpretación de la realidad, pero que no deben ser confundidos con la realidad misma.

Los espirales comprimidos de un resorte de juguete pueden ayudar a comprender cómo se comportan las partículas de aire cuando se transmite una onda sonora.



Para la física, la descripción del mundo debe ser precisa. Si un físico estudia la emisión de radiación por una sustancia, observará que la cantidad de materia activa va disminuyendo a lo largo del tiempo. Pero esta observación cualitativa no será suficiente, querrá saber exactamente qué cantidad de materia radiactiva queda en cada momento. Buscará, entonces, expresar esta relación entre el tiempo transcurrido y la cantidad de materia mediante una **ecuación matemática**.

La física se vale, pues, del idioma de la matemática. El físico representa los conceptos básicos mediante símbolos matemáticos. Por ejemplo, se usa  $x$ ,  $v$ ,  $t$ ,  $m$  para designar la posición, la velocidad, el tiempo y la masa, respectivamente. También establece métodos experimentales bien precisos para asignarles a estos signos valores numéricos.



## Magnitudes físicas

Todo el tiempo estamos realizando mediciones: medimos nuestro peso, la longitud de un lápiz, la masa de una manzana, etc.; sin embargo, ¿qué es medir? La medición se define como la comparación que se establece entre una cantidad y su unidad respectiva. Esto permite determinar cuántas veces dicha unidad se encuentra contenida en la cantidad en cuestión.

Aquellas propiedades que caracterizan a los cuerpos o a los fenómenos naturales, y que pueden ser medidas, reciben el nombre de **magnitudes físicas**. Así, la longitud, la masa, la velocidad, el tiempo o la temperatura, entre otras, son ejemplos de magnitudes físicas, mientras que otras propiedades, como el olor, el sabor, la bondad, la belleza, no son magnitudes físicas, ya que no se pueden medir.

### ¿Qué tipos de magnitudes físicas existen?

Entre las magnitudes físicas hay algunas que son independientes de las demás y reciben el nombre de **magnitudes fundamentales**. Este es el caso de la **longitud**, la **masa** y el **tiempo**.

Aquellas magnitudes que se definen a partir de las magnitudes fundamentales reciben el nombre de **magnitudes derivadas**. Este es el caso, por ejemplo, de la **velocidad**, que se define mediante la relación entre el desplazamiento y el intervalo de tiempo.



## El proceso de medición

La **medida** es la operación que consiste en comparar una magnitud física con una cantidad fija de la misma naturaleza, cantidad que se toma como unidad.

Como resultado de toda medida, a la magnitud que se ha medido se le asigna un **número** y una **unidad**. Así, por ejemplo, si se mide la masa de un automóvil y se toma como unidad el kilogramo (kg), el resultado debe expresarse de esta manera:  $m = 1\,150\text{ kg}$ , donde el número 1 150 indica cuántas unidades (kilogramos en este caso) están contenidas en la magnitud medida (la masa del automóvil). Decir solo que la masa del automóvil es 1 150 no tendría significado, ya que podría tratarse de 1 150 gramos, 1 150 toneladas, etc.



## Sistema internacional de unidades

¿Qué unidades de medidas conoces? ¿Cuándo las utilizas? **El sistema internacional de unidades** (SI) es un conjunto de unidades de magnitudes fundamentales a partir del cual se puede expresar cualquier unidad de una magnitud derivada. En virtud de un acuerdo firmado en 1960, en la mayor parte del mundo se utiliza el SI. Las unidades fundamentales en este sistema de unidades, de longitud, masa y tiempo, respectivamente, son el metro, el kilogramo y el segundo.

Unidades básicas del SI	
Magnitud	Unidad
Longitud	metro (m)
Masa	kilogramo (kg)
Tiempo	segundo (s)
Intensidad de corriente eléctrica	amperio (A)
Temperatura	kelvin (K)
Cantidad de sustancia	mol (mol)
Intensidad lumínica	candela (cd)

## Conversión de unidades

¿Cómo se puede expresar una magnitud en diferentes unidades? La **conversión de unidades** es la transformación de una unidad en otra o de un sistema de unidades a otro. Para transformar dicha unidad, debe existir alguna relación entre las unidades. Observa los siguientes ejemplos:

Equivalencias de longitud	
1 kilómetro	1 000 m
1 centímetro	0,01 m
1 milímetro	0,001 m
1 nanómetro	0,000000001 m

Equivalencias de masa	
1 kilogramo	1 000 g
1 tonelada	1 000 kg
1 miligramo	0,000001 kg

- Para **convertir unidades a otras dentro de un mismo sistema**. Por ejemplo, si quieres convertir 0,38 metros en centímetros, sabiendo que un metro es igual a 100 centímetros, puedes utilizar una regla de tres simple:

$$\begin{aligned} 1 \text{ m} &= 100 \text{ cm} \\ 0,38 \text{ cm} &= x \text{ cm} \\ x \text{ cm} \cdot 1 \text{ m} &= 0,38 \text{ m} \cdot 100 \text{ cm} \\ x &= \frac{0,38 \text{ m} \cdot 100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 38 \text{ cm} \end{aligned}$$

**0,38 metros equivalen a 38 centímetros**

- Para **convertir unidades de un sistema a otro**. Si queremos convertir 100 centímetros en pulgadas, debes saber que una pulgada es igual a 2,54 centímetros:

$$\begin{aligned} 1 \text{ pulgada} &= 2,54 \text{ cm} \\ x \text{ pulgada} &= 100 \text{ cm} \\ x \text{ pulgada} \cdot 2,54 \text{ cm} &= 1 \text{ pulgada} \cdot 100 \text{ cm} \\ x &= \frac{1 \text{ pulgada} \cdot 100 \text{ cm}}{2,54 \text{ cm}} = 39,37 \text{ pulgadas} \end{aligned}$$

**100 centímetros equivalen a 39,37 pulgadas**

## Notación científica

Para expresar el valor numérico de magnitudes muy grandes o muy pequeñas, los científicos suelen emplear las cifras significativas seguidas de una potencia de 10. Este tipo de expresión numérica se conoce con el nombre de **notación científica**, y es utilizado de forma habitual.

Al escribir una cantidad según la notación científica, se colocan las cifras significativas en forma de una parte entera (comprendida entre 1 y 10) y otra parte decimal, multiplicada por la correspondiente potencia de 10 con exponente positivo (para los valores mayores que la unidad) o con exponente negativo (para los valores menores que 1). De esta forma, pueden compararse sencillamente los valores de una determinada magnitud física.

A continuación se muestran algunos números en notación científica:

Cuando la potencia es positiva:

$$\begin{aligned} 10^0 &= 1 \\ 10^1 &= 10 \\ 10^2 &= 100 \\ 10^3 &= 1000 \\ 10^4 &= 10\,000 \end{aligned}$$

Cuando la potencia es negativa:

$10^{-n}$  es igual a  $1/10^n$ . Por ejemplo,  $10^{-5}$  equivale a  $1/10^5 = 1/100\,000$ , es decir, 0,00001

$$\begin{aligned} 10^0 &= 1 \\ 10^{-1} &= 0,1 \\ 10^{-2} &= 0,01 \\ 10^{-3} &= 0,001 \\ 10^{-4} &= 0,0001 \end{aligned}$$

### ¿Cómo se expresa un número grande y uno pequeño en notación científica?

Por ejemplo, un número como 360 245 000 000 000 000 000 000 000 000 puede ser escrito como  $3,60245 \cdot 10^{29}$ , y un número pequeño como 0,0000000000032 puede ser escrito como  $32 \cdot 10^{-12}$ .



# 1 Ondas y sonido

## Para comenzar

Imagina que estás en el cine viendo una película de terror. Las imágenes sugieren que está a punto de ocurrir algo espantoso. La música es tétrica y, a medida que aumenta el volumen, hace que sientas que una escena de horror está por venir. Respecto de la imagen y la información, responde estas preguntas:

- a. ¿Provocarías el mismo efecto en las personas si la película que ven fuese muda?
- b. ¿Por qué crees que al llegar el momento más importante en las películas, aumenta el volumen del sonido?
- c. ¿Cuál es la importancia de "escuchar" para tu vida diaria? Discute tu respuesta con un compañero.



## Me preparo para la unidad

1. Realiza una encuesta en tu curso para saber si tus compañeros conocen la diferencia que existe entre ruido, sonido y música. Luego, investiga la definición de estos conceptos en la Web.
2. Haz una lista con todo lo que te parezca que es un ruido o un sonido. Luego, comparte tus respuestas con tus compañeros y verifica si ellas coinciden.

## En esta unidad aprenderás...

### Lección 1: ¿Qué es una onda?

Identificar y analizar los elementos y la clasificación de las ondas.

### Lección 2: ¿Qué es el sonido?

Comprender el origen vibratorio del sonido e identificar sus propiedades básicas: tono, intensidad y timbre, aplicadas a diferentes instrumentos musicales.

### Lección 3: ¿Cómo escuchas?

Describir el espectro sonoro e identificar los rangos de audición en el ser humano y en otros animales.

### Lección 4: ¿Cómo interactúa el sonido con el entorno?

Identificar y comprender algunas interacciones del sonido con la materia. Analizar el efecto Doppler.

## ¿Qué es una onda?

### Necesitas saber...

Concepto de vibración y algunos aspectos asociados con el movimiento periódico.

### Propósito de la lección

Imagina que agitas una cuerda o que manipulas un resorte de juguete que se mueve de un lado a otro. Lo más probable es que veas que se producen ondas, similares a las olas del mar. En esta lección aprenderás qué es una onda, su clasificación y las principales características de las ondas mecánicas.

### Actividad exploratoria

Junto con un compañero, consigan unos 40 palos de helado y cinta adhesiva. A continuación, sigan estos pasos:

1. Peguen los palos a la cinta adhesiva, de modo que queden a una distancia de 3 cm, aproximadamente, tal como muestra la figura.
2. Tomen por sus extremos la cinta adhesiva y fíjenla a dos superficies verticales separadas, de modo que quede tensa.
3. Presionen hacia adelante el primer palito de la fila y observen el movimiento que se produce.

Luego de observar el movimiento, respondan estas preguntas:

- a. ¿Qué ocurre con la rapidez del movimiento que se transmite cuando la cinta está muy tensa?
- b. ¿Ocurrirá lo mismo si empujan el primer palito cuando la cinta adhesiva no está tensa? Planteen una hipótesis.
- c. Describan con sus palabras qué creen que viaja a lo largo de los palitos de helado y de la cinta adhesiva.



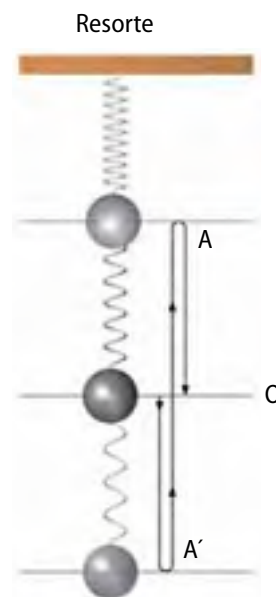
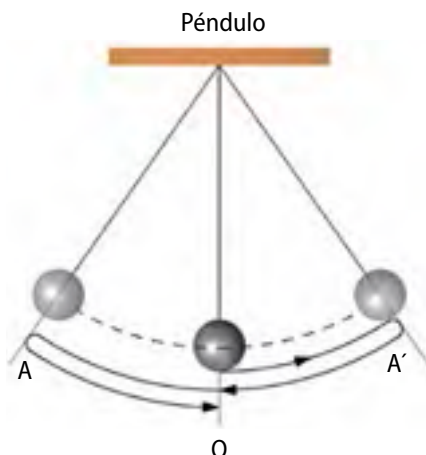


## Oscilaciones y ondas

Piensa en el movimiento de los palitos de la actividad exploratoria, en el vaivén de un columpio, o en el movimiento de un péndulo. ¿Qué esperarías encontrar si mides el tiempo que demora en “ir y venir” el movimiento de los palitos de helado o del péndulo?

Un **movimiento oscilatorio** es todo aquel movimiento de vaivén respecto de una posición de equilibrio, en donde las partículas “van y vienen” siguiendo la misma trayectoria, pero cambiando el sentido de su velocidad. Este movimiento oscilatorio se considera **periódico** cuando las oscilaciones ocurren en el mismo intervalo de tiempo.

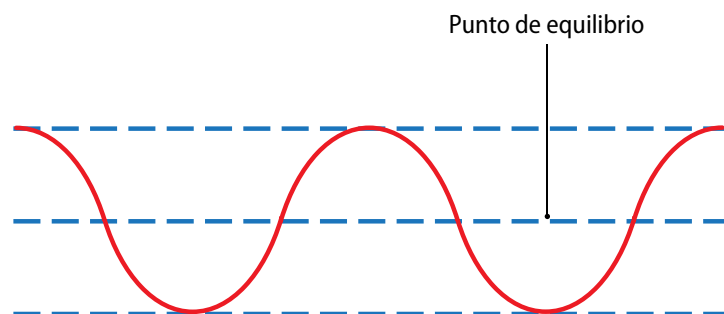
En todo movimiento oscilatorio existe una posición de equilibrio (O) y dos posiciones de máximo desplazamiento (A y A').



### ¿Cómo se forma una onda?

Toma un recipiente con agua y observa su superficie. Luego, deja caer algunas gotas y observa los anillos que se forman. Si te fijas, estos son concéntricos y avanzan a medida que se agrandan. En este caso, no es el agua la que se desplaza, sino que sus partículas al vibrar de arriba hacia abajo transmiten esta vibración a las partículas que tienen al lado. Así se propaga la oscilación.

Entonces, ¿qué es una onda? Una **onda** es una **perturbación** que es capaz de **propagarse**. Si pones un corcho o una hoja en la superficie del agua, contenida en un recipiente, ¿crees que estos elementos se desplazarían? Compruébalo.



Las partículas de agua no avanzan, simplemente se mueven hacia arriba y hacia abajo con respecto al punto de equilibrio. Este movimiento se denomina **movimiento vibratorio** u **oscilatorio**.

## ¿Cómo viaja una onda?

Si tomas el extremo libre de una cuerda que está amarrada a un soporte y que se encuentra tensa, y le aplicas un movimiento vertical, se genera un **pulso** que viaja a través de esta. Cada partícula de la cuerda permanece en reposo hasta que el pulso se transmite por ella, originando que se mueva hacia arriba y luego hacia abajo, regresando posteriormente al reposo.



Cuando la perturbación local que origina la onda se produce en ciclos repetitivos, es decir, en intervalos iguales de tiempo, se dice que la onda es **periódica**. Si se mantiene constante el movimiento en el extremo de la cuerda, la propagación a lo largo de ella producirá un **tren de ondas**.



Pulso se repite de igual forma en el mismo intervalo de tiempo.

### Actividad 1



Estás en el estadio apoyando a tu equipo favorito. En un momento se inicia en el público “la ola”, tal como muestra la imagen. Las personas se paran y se vuelven a sentar para originar el efecto visual de una ola real.

Con respecto a esta información, responde estas preguntas:

- Explica** si la ola humana se asemeja a lo que acabas de aprender sobre ondas.
- De acuerdo con tu respuesta anterior, **identifica** cuál es el medio por el cual se propaga la energía en la ola de la imagen.
- Observa** nuevamente el esquema que representa el movimiento oscilatorio y **relaciona** con el movimiento de las personas.





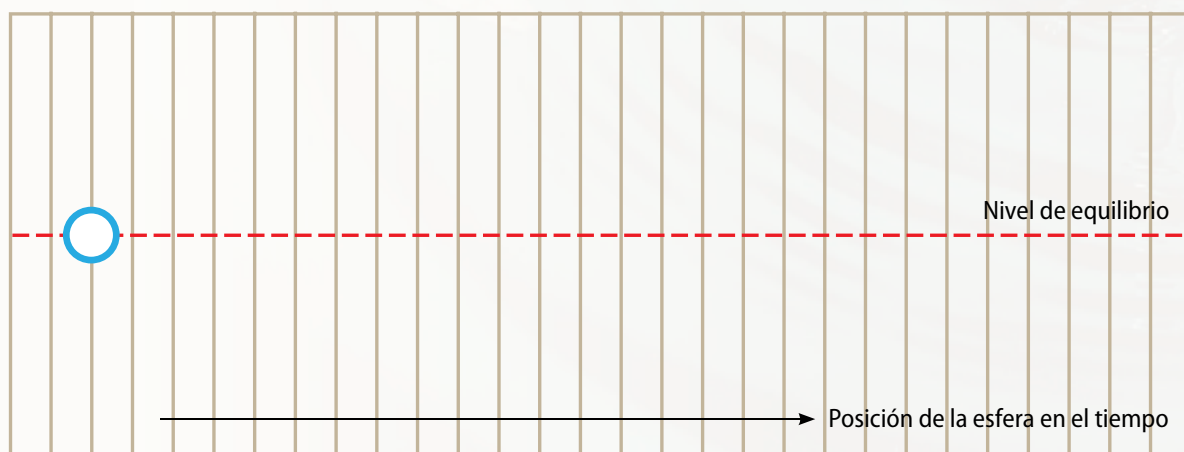
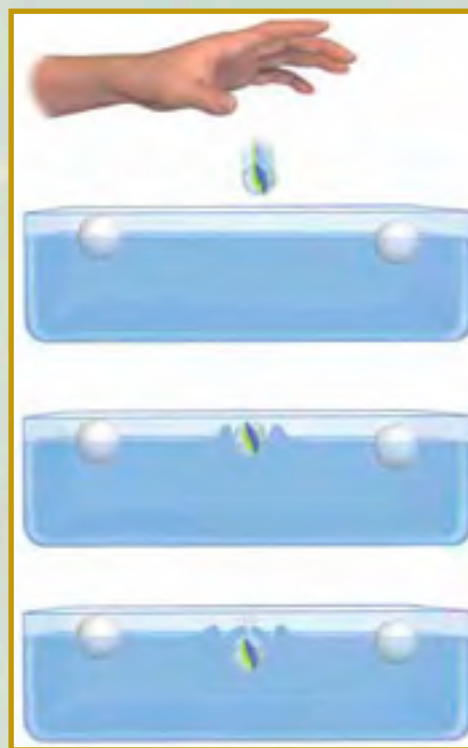
## Minitaller científico 1

En esta actividad podrás representar la propagación de una onda. Consigue un recipiente grande de plástico transparente, una bolita de vidrio, cuatro esferas de plumavit de tamaño mediano, témperas de colores, pincel y agua. Luego sigue estos pasos:

1. Pinta las esferas de plumavit con distintos colores y déjalas secar.
2. Cuando estén listas, llena con agua el recipiente y coloca dos esferas en cada extremo de él.
3. Luego, deja caer la bolita de vidrio justo en el medio del recipiente. Observa lo que ocurre y descríbelo.

Finalmente, realiza estas actividades:

- a. Dibuja todo lo que viste e identifica en tu dibujo el origen de la perturbación y las ondas formadas.
- b. ¿Las esferas de plumavit llegan a los bordes del recipiente?, ¿por qué?
- c. Observa el movimiento de una de las esferas de plumavit luego de que cae la bolita de vidrio en su superficie y dibuja su posición respecto del nivel de equilibrio a medida que pasa el tiempo, en el siguiente espacio.



- d. El dibujo anterior, ¿representa la trayectoria real seguida por la esfera?, ¿por qué?

## Clasificación de las ondas

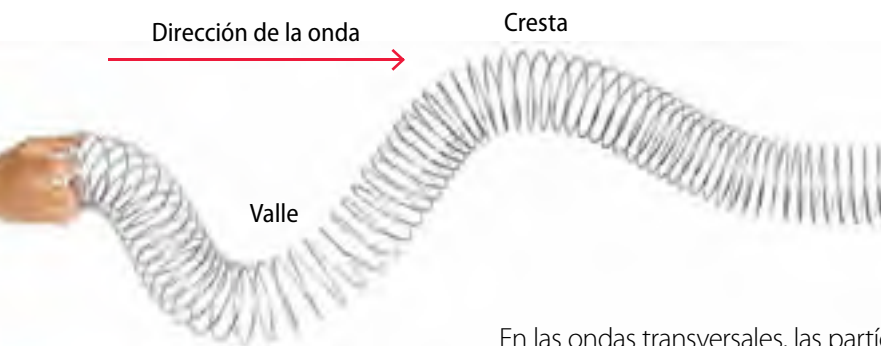
Las ondas se pueden clasificar de acuerdo con varios criterios. Uno de ellos es el movimiento de sus partículas, en términos de la dirección de propagación de la onda. También se pueden clasificar de acuerdo con el medio por el cual pueden propagarse y según las dimensiones de la propagación.

1. De acuerdo con la dirección del movimiento de las partículas, respecto de la dirección de desplazamiento de la onda, se reconocen **ondas transversales** y **longitudinales**.



Algunas ondas sísmicas y el sonido son ondas longitudinales.

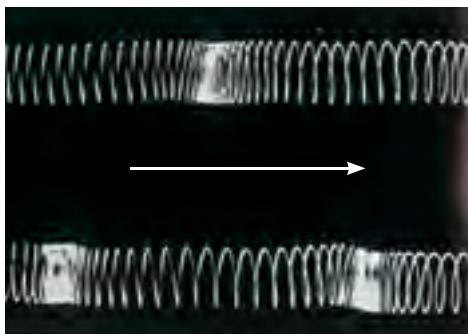
En las ondas longitudinales, las partículas del medio oscilan en la misma dirección de la onda, originándose zonas de **compresión** y **rarefacción**.



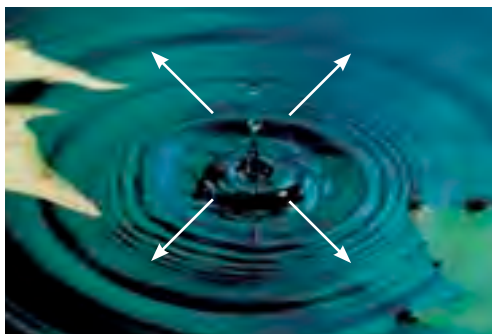
Algunos ejemplos de ondas transversales son las generadas en un estanque con agua, en una cuerda y las ondas electromagnéticas, que aprenderás con detalle en la unidad 2.

En las ondas transversales, las partículas oscilan de forma perpendicular a la dirección de propagación de la onda. Los puntos altos y bajos de la onda son llamados **crestas** y **valles**, respectivamente.

2. Según las dimensiones en que se propaga una onda, pueden ser **unidimensionales**, **bidimensionales** o **tridimensionales**.



**Unidimensionales.** Se propagan en una sola dirección, como ocurre en las cuerdas y en los resortes.



**Bidimensionales.** Se propagan en dos direcciones. Es lo que se observa cuando cae un objeto en un charco.



**Tridimensionales.** Se propagan en tres direcciones. Ejemplo de este tipo de ondas son el sonido y la luz.

3. Si consideramos el medio de propagación, se reconocen **ondas mecánicas** y **electromagnéticas**.

A diferencia de las ondas mecánicas, que se propagan por medios elásticos (como el sonido), las ondas electromagnéticas pueden viajar por el vacío.



Debido a que las ondas electromagnéticas (como la luz) no necesitan un medio elástico para propagarse, es posible ver la luz que emiten las estrellas y las nebulosas.



El sonido es un ejemplo de onda mecánica. Para propagarse requiere de un medio elástico como el aire, aunque puede propagarse también por líquidos y sólidos. Si consideramos que en el espacio hay vacío ¿crees que se podría escuchar el sonido generado por los platillos en el espacio?

4. Según el sentido de propagación, las ondas también se pueden clasificar como **viajeras** o **estacionarias**.

Las **ondas viajeras** se propagan libremente desde su fuente, transportando energía y recorriendo grandes distancias. Estas pueden ser mecánicas o electromagnéticas, transversales o longitudinales.

Las ondas estacionarias, en cambio, se forman cuando una onda rebota sobre una superficie y se interpone sobre sí misma. La superposición de ambas ondas produce otra que pareciera estar fija. Estas se forman en instrumentos de cuerda y de viento.

Las ondas estacionarias se pueden observar en las cuerdas de un instrumento musical.

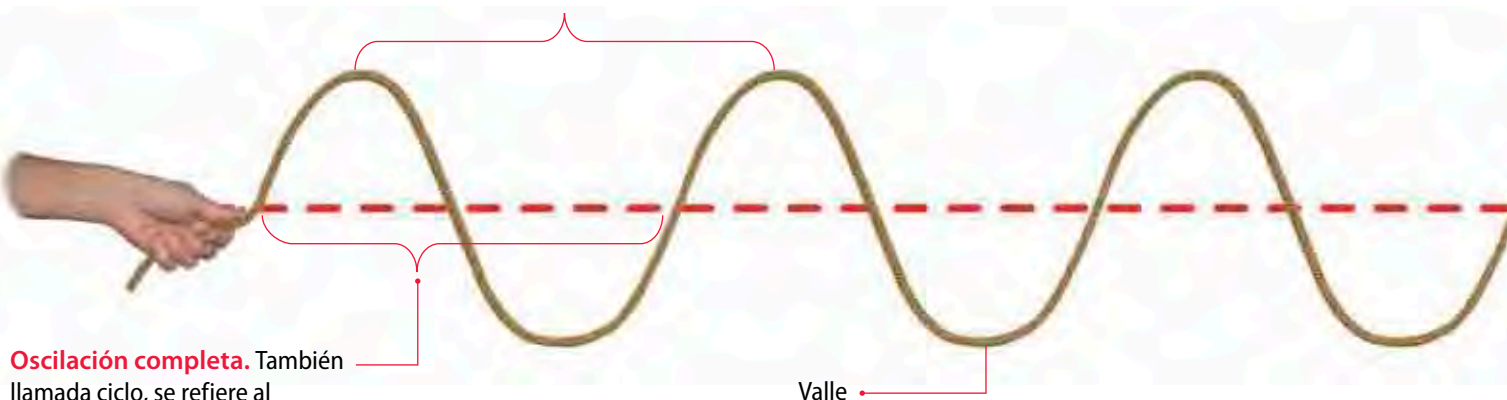




## Características de las ondas

Hemos visto que existen distintos tipos de ondas. Sin embargo, todas poseen características en común. A continuación se describen las siguientes propiedades de las ondas:

**Longitud de onda.** Corresponde a la **distancia** que existe entre dos puntos sucesivos que se comportan de forma idéntica, es decir, que se encuentran en la misma fase del movimiento ondulatorio.



**Oscilación completa.** También llamada ciclo, se refiere al movimiento de ida y regreso (vaivén) de una partícula. Una oscilación completa se puede determinar entre dos valles o dos crestas.

Valle

**Periodo.** Es el tiempo que demora una partícula o un objeto en realizar una oscilación o ciclo completo.

$$T = \frac{\text{tiempo}}{\text{n}^\circ \text{ de oscilaciones}}$$

**Frecuencia.** Corresponde al número de oscilaciones completas o ciclos que se producen por unidad de tiempo.

La frecuencia se simboliza como  $f$  y se mide en hertz (Hz) cuando el intervalo de tiempo corresponde a 1 s.

Para calcular la frecuencia se divide el número de oscilaciones completas por el intervalo de tiempo en que se realizan dichas oscilaciones:

$$f = \frac{\text{n}^\circ \text{ de oscilaciones}}{\text{tiempo}}$$

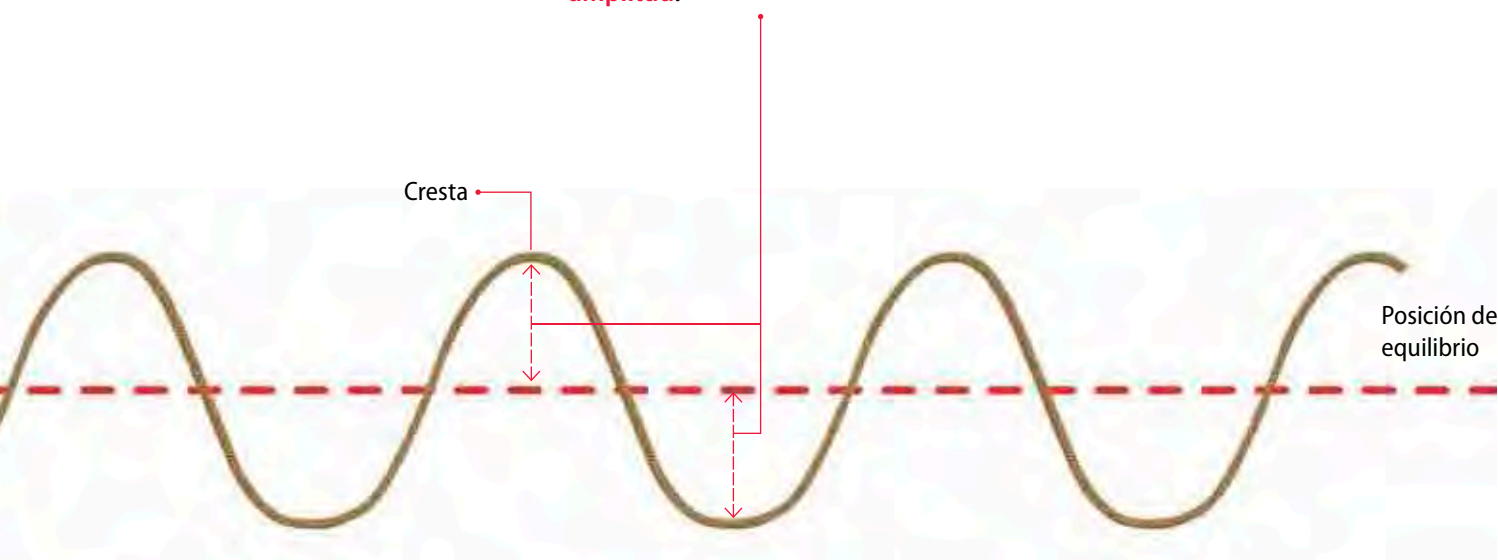
Si atas una cuerda a un extremo y haces vibrar el otro, se propaga una onda cuya frecuencia será mayor cuanto mayor sea la rapidez con que la agitas.

Como puedes apreciar en las definiciones de periodo y frecuencia, ambos conceptos son inversos; por lo tanto:

$$f = \frac{1}{T}$$

Lo anterior significa que si ocurren cuatro oscilaciones completas en un segundo, la frecuencia será de 4 Hz y el periodo será entonces de 1/4 de segundo.

**Amplitud.** Es la máxima distancia que alcanza una partícula respecto del punto de equilibrio. Se representa con la letra  $A$  y se expresa en unidades de longitud. Se dice que **la onda es más intensa cuando tiene mayor amplitud.**



**Rapidez de propagación de una onda.** En general, la rapidez relaciona la distancia recorrida con el tiempo. Para el caso de las ondas, en una oscilación la onda recorre una distancia que se expresa como la longitud de onda ( $\lambda$ ) en el tiempo, que corresponde al periodo ( $T$ ). Esta característica se expresa como:

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Como el periodo está relacionado con la frecuencia, según la expresión  $T = \frac{1}{f}$  se tiene que:

$$v = \lambda \cdot f$$

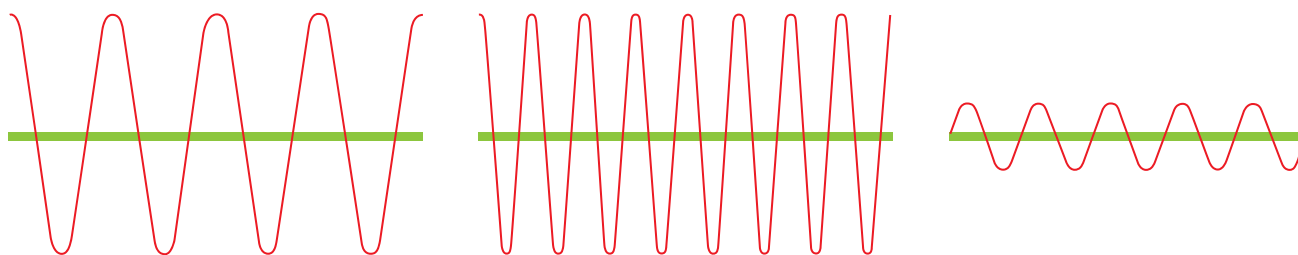
### Para saber

En las ondas longitudinales, la longitud de onda se puede determinar midiendo la distancia entre las compresiones.

## Actividad 2



Observa los siguientes diagramas. Luego, responde las preguntas asociadas.



- Determina** cuántas oscilaciones existen en cada una de las ondas representadas en cada diagrama.
- Si estas ondas se propagaran en 1 s, **calcula** la frecuencia para cada una de ellas.

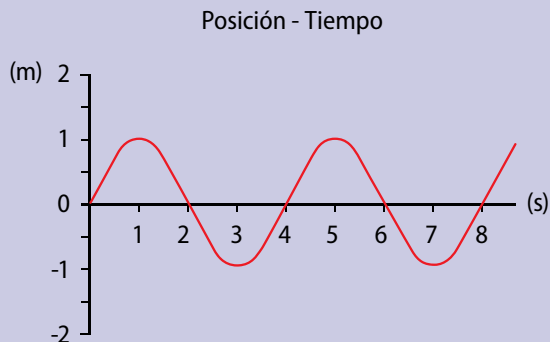


## Ejemplo resuelto 1

### Calcular magnitudes de una onda transversal

#### Situación problema

Una moto de agua pasa propagando ondas en la superficie de un lago. Isidora desde la orilla observa que un bote sube y baja cuando las ondas pasan bajo la embarcación. Verificando el tiempo en que ocurría, realizó la siguiente gráfica:



Respecto de esta información: ¿Cuál es la amplitud de la onda creada en el lago?, ¿con qué frecuencia se propagan? Si se estima que en 8 segundos la onda avanzó 12 m ¿cuánto mide la longitud de la onda generada por la moto?, ¿con que rapidez se propaga la ondas en el lago?

#### Entender el problema e identificar las variables

En este caso, debes analizar la gráfica expuesta, la que entrega la información necesaria para resolver el problema; por lo tanto, se deben recopilar todos los datos que entrega la figura.

#### Registrar los datos

- Altura máxima que alcanza la onda: 1 m
- Cantidad de oscilaciones efectuadas en 8 segundos: 2
- Distancia recorrida por la onda en 8 segundos: 12 m

#### Aplicar el modelo matemático

Para calcular la amplitud, debes observar la distancia desde el punto de equilibrio hasta la cresta de la onda, en este caso es de 1m.

Para calcular la frecuencia de vibración sabes que en 8 segundos se propagan 2 ondas. Así se obtiene:

$$f = \frac{n^{\circ} \text{ de ondas}}{\text{tiempo}} = \frac{2}{8} = 0,25 \text{ Hz}$$

Para calcular la longitud de onda ya sabes que las 2 ondas (liberadas en 8 segundos) recorren una distancia de 12 metros, entonces:

$$\lambda = \frac{\text{distancia}}{n^{\circ} \text{ de ondas}} = \frac{12}{2} = 6 \text{ m}$$

Finalmente, para calcular la rapidez con la que se propaga la onda debes aplicar la fórmula para la velocidad de propagación, como ya conoces la longitud de onda y la frecuencia, solo basta remplazar los valores indicados para obtener la rapidez:

$$v = \lambda \cdot f = 6 \cdot 0,25 = 1,5 \text{ m/s}$$

#### Redactar una respuesta

La onda que se propaga en el agua del lago tiene una amplitud de 1 m, una longitud de onda de 6 m, una frecuencia de vibración de 0,25 Hz y se transmite con una rapidez de 1,5 m/s.

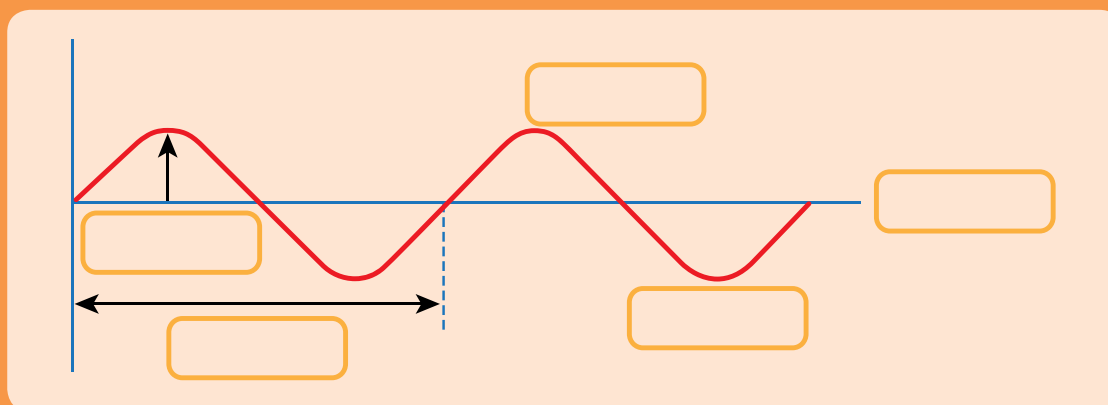
## Ahora Tú

Si una onda realiza 4 oscilaciones en 32 s, calcula el periodo de la onda y la rapidez de propagación si la longitud de onda ahora es de 4 cm.

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. **Rotula** el esquema indicando el nombre de los elementos de una onda. Luego, responde las preguntas asociadas.



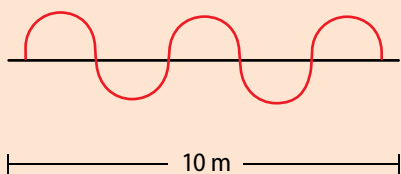
a. **Identifica** a qué tipo de onda corresponde el diagrama.

b. **Reconoce** cuántas oscilaciones presenta esta onda. Explica cómo lograste llegar a la respuesta.

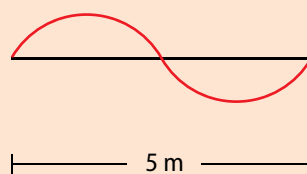
2. **Imagina** que dejas caer una piedra en el centro de un estanque circular de 10 metros de diámetro. Cuando el agua se perturba, se forman ondas que tardan 10 segundos en llegar al borde del estanque. Si entre el centro del estanque y el borde se producen 40 oscilaciones, **determina** la longitud de onda, el periodo y la frecuencia.

3. **Analiza** estos esquemas de ondas, considerando que las tres se propagan en el mismo intervalo de tiempo. Luego, responde las preguntas.

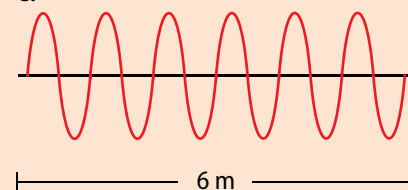
a.



b.



c.



a. **Identifica** cuál de las tres ondas tiene menor longitud de onda. Explica tu respuesta.

b. **Reconoce** cuál onda presenta mayor frecuencia. Además, describe el procedimiento que aplicaste para llegar a la respuesta correcta.

4. **Imagina** que estás frente a esta pecera. Aparentemente el agua está quieta. Si golpearas la mesa sobre la cual está apoyada, lo más probable es que se formen ondas. Al respecto, ¿en qué dirección se desplazará el corcho? **Plantea una predicción.**



# ¿Qué es el sonido?

### Necesitas saber...

Rapidez, frecuencia y longitud de onda.

### Propósito de la lección

Como sabes, el sonido es una onda mecánica, por lo que es capaz de viajar a través de distintos medios. Sin embargo, ¿podrías definir qué es el sonido?, ¿cómo crees que se produce? En esta lección estudiarás cómo se origina el sonido, además de comprender sus propiedades aplicadas en los instrumentos musicales.

### Actividad exploratoria

Junto con un compañero, consigan una banda elástica, un lápiz de pasta con el tubo transparente, envoltorios de caramelos y una tijera. Luego, sigan estos pasos:



1. Tomen la banda elástica y córtela con la tijera. Uno debe estirar la banda con ambas manos y el compañero debe pulsarla, tal como si fuera la cuerda de una guitarra. Describan lo que ocurre cuando acortan o alargan la banda elástica, al mismo tiempo que la perturban.
2. Tomen un papel de caramelo y estírenlo bien con sus manos. Soplen un borde hasta que se genere un sonido. Ténsenlo y suéltelo a medida que soplan. Describan con detalle lo que pasa en este caso.
3. Por último, tomen el lápiz de pasta y desprendan la parte que contiene la tinta, sin sacarla por completo del lápiz. Introduzcan un trozo pequeño de cáscara de naranja, tapen el orificio del tubo del lápiz y, tal como si fuera una flauta, soplen por la parte superior, a medida que suben y bajan el tintero. También describan lo que ocurre.

A continuación, respondan estas preguntas:

- a. ¿Cómo se origina el sonido en cada uno de los materiales? Expliquen.
- b. Considerando lo que aprendieron sobre ondas, expliquen lo que ocurre con el sonido cuando tensan y sueltan los materiales.
- c. Describan lo que perciben en los labios cuando soplan el papel.
- d. ¿Se podrían utilizar estos sonidos para hacer música? Infieran.



## Propagación del sonido

El sonido es una de las formas de comunicación más importantes para el ser humano y para los animales. Haz el ejercicio de taparte los oídos unos minutos e intenta interpretar lo que realizaste en la actividad exploratoria. ¿Podrías afirmar que estos materiales producen sonidos?

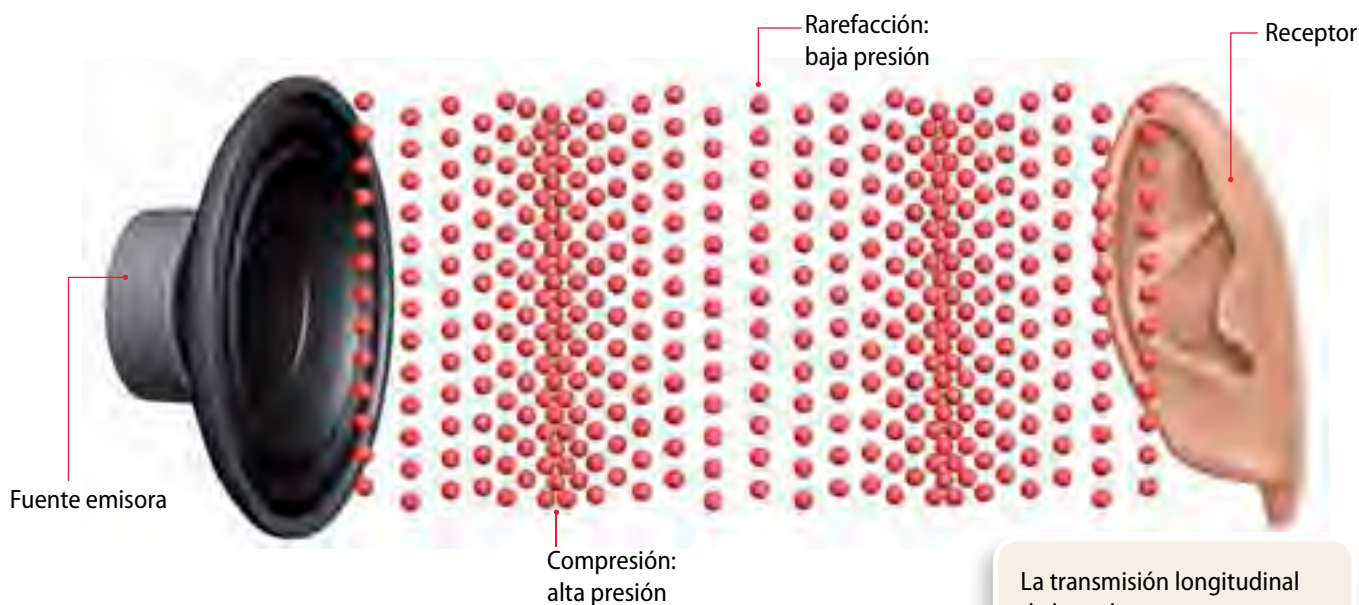
Como aprendiste en la lección anterior, el **sonido** es una **perturbación** que se transmite a través de un medio en forma de **onda longitudinal**. Toma tu lápiz a cierta altura (unos 5 cm) y déjalo caer sobre la mesa. Lo que escuchas se debe a que la perturbación generada se propaga por el aire y llega a tus oídos. Observa la siguiente ilustración:

Cuando se produce un sonido, las ondas sonoras perturban y hacen vibrar las partículas del aire.

En el aire circundante se generan sectores de mayor concentración de partículas, denominados **zonas de compresión**, y sectores de menor concentración de aire, llamados **zonas de rarefacción**. También se les denomina zona de alta y baja presión.

### Para saber

Cuando hablamos del medio de propagación del sonido nos referimos al material por el cual se propaga una onda, como las sonoras. El aire, el acero, la madera e incluso el agua son medios por los cuales el sonido se transmite.



La transmisión longitudinal de la onda sonora se propaga hasta llegar al receptor de la onda, es decir, el tímpano, el cual también vibra.

Las moléculas de la zona de compresión empujan a las moléculas vecinas, y estas, a su vez, empujan a las que se encuentran más adelante. Así se generan diferencias de presión, que dan origen a las zonas de compresión y rarefacción.

Si bien un medio común de propagación del sonido es el aire, las ondas sonoras también pueden transmitirse por sólidos y líquidos. En los sólidos se propaga con más facilidad que en los líquidos, y en estos, mejor que en los gases. Ahora, pon tu oído sobre la mesa y deja caer nuevamente el lápiz desde la misma altura anterior. ¿Cómo percibes ahora el sonido? Este aspecto se analizará en las próximas lecciones.



## Para saber

La caja de resonancia de algunos instrumentos musicales les permite amplificar y variar su sonido.

## Fuentes sonoras

Un portazo, el canto de un ave, una chispa, un silbido, la vibración de las cuerdas de una guitarra, etc., se podrían considerar emisores de sonidos; sin embargo, ¿alguno de estos ejemplos emite ruidos? ¿Cuál es la diferencia entre ambos términos?

Físicamente, el sonido se diferencia del ruido según la periodicidad de las ondas. Las vibraciones del sonido son regulares o periódicas, en cambio, lo que se conoce como ruido corresponde a vibraciones irregulares, que generan una sensación confusa. Aún así la diferencia entre ruido y sonido es subjetiva y depende de cada receptor. Desde este punto de vista, un instrumento musical es cualquier objeto que se usa para producir sonidos, en el marco de una creación musical. Al estudiar los instrumentos musicales se puede comprender mejor las propiedades del sonido. A continuación conocerás las características de algunos de ellos.

### Instrumentos de cuerda

Estos generan un sonido cuando se pulsan sus cuerdas. La frecuencia de la onda producida depende generalmente de la longitud de la porción de la cuerda que vibra, su tensión y el punto en el cual la cuerda es tocada. Algunos instrumentos como la guitarra, el violín, el violonchelo y el contrabajo requieren de una caja de resonancia para amplificar el sonido.



### Instrumentos de percusión

El sonido en los instrumentos de percusión se produce, por lo general, cuando se golpea una membrana vibrante. No obstante, la percusión puede darse en cualquier material; cada uno tendrá un sonido distinto, como la clave (madera) y el cencerro (metal), que se usan en la salsa y los ritmos afrolatinos.



### Instrumentos de viento

En estos, el sonido se produce por la vibración de una columna de aire dentro de ellos. La frecuencia de la onda generada se relaciona con la longitud de la columna de aire y la forma del instrumento. Algunos ejemplos de estos instrumentos son la zampoña, el trombón, el saxofón, etc.



## Instrumentos de lámina

Corresponden a un tipo de instrumento de percusión. En ellos el sonido se produce por la materia misma del instrumento, gracias a su solidez y elasticidad, sin que se tenga el recurso a la tensión de membranas o de cuerdas.

El metalófono es un instrumento de lámina percutida. Los distintos tamaños de las láminas metálicas emiten sonidos diferentes que también se amplifican en una caja de resonancia.



Metalófono

## La voz humana

La voz puede utilizarse como un instrumento musical. Cuando queremos generar un sonido, como hablar o cantar, es necesario ingresar aire a la cavidad torácica a través de la inspiración. De esta forma, se adquiere el medio elástico que permite la vibración, es decir, el aire.

La **emisión de la voz** es el proceso encargado de utilizar **aire** para hacer **vibrar** las **cuerdas vocales**, que es la estructura que produce el sonido. El paso del aire por la laringe hace que las cuerdas vocales vibren, generando un leve sonido que es amplificado por una caja de resonancia.

Este proceso de resonancia involucra tres cavidades: la faringe, la cavidad nasal y la cavidad oral, las cuales modifican el sonido generado en las cuerdas vocales y le adicionan el timbre. Por otro lado, el tono está dado por el número de vibración de las cuerdas vocales, y la intensidad se relaciona con la potencia del aire cuando sale de los pulmones.

Por último, ocurre el proceso de la articulación, que consiste en convertir los sonidos en palabras. Aquí intervienen los labios, los dientes, la lengua y el paladar.

A



B



### Actividad 3



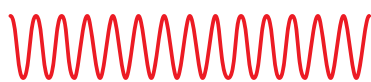
**Investiga** qué es la disfonía, qué tipos existen y cómo se relaciona con la emisión de la voz.

Cuando las cuerdas vocales están más juntas y tensas **(A)** vibran más y se producen sonidos agudos. Cuando las cuerdas vocales están separadas **(B)** vibran menos y se producen sonidos graves.

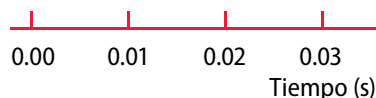
## Propiedades del sonido

Cada vez que escuchas música, seguramente distingues una serie de sonidos. Algunos son agudos y otros graves, altos y bajos. Mediante tu intuición y tu experiencia, puedes identificar las propiedades únicas del sonido a diario, sin saberlo. A continuación conocerás las principales propiedades del sonido.

Sonido agudo



Sonido grave



### Altura o tono de un sonido

Todo el tiempo escuchamos la voz de otras personas. ¿Te has fijado que, en algunas ocasiones percibes un sonido como agudo o grave? El tono o la altura del sonido corresponde a la frecuencia de vibración de una determinada onda. Mientras mayor sea la frecuencia de la onda, más agudo es el sonido. A su vez, mientras menor sea la frecuencia de la onda sonora, más grave es el sonido.

### Notas musicales

La **escala musical** es un **ordenamiento ascendente de tonos**. La **escala diatónica** es una de las más conocidas y está formada por ocho notas musicales. Cada una de estas notas posee frecuencias distintas. En 1939 se fijó la escala a partir de una nota de referencia: la nota escogida fue "la", con una frecuencia de 440 Hz, lo que quiere decir que cuando una fuente sonora vibra 440 veces en 1 segundo emite el tono la.

Así, las notas musicales cumplen ciclos repetitivos. La siguiente nota la, dentro de la escala, se le llama "su octava" y tendrá el doble de la frecuencia anterior, es decir, 880 Hz.

### Actividad 4



Un piano produce cada nota musical con la frecuencia indicada en la tabla. Según esta información, calcula el tamaño (longitud de onda) de cada una de las notas musicales y su periodo. Toma en cuenta que la rapidez del sonido en el aire (a 15 °C) es de 340 m/s.

Nota musical	Frecuencia (f) en Hz	Periodo (T) en s	Longitud de onda ( $\lambda$ ) en m
Do	261,63		
Re	293,66		
Mi	329,63		
Fa	349,23		
Sol	392		
La	440		
Si	493,88		
Do	523,26		

## Timbre e instrumentos musicales

Como viste en la página anterior, el tono de un sonido lo determina la frecuencia de la vibración de la fuente sonora. La pregunta que puede surgir es ¿por qué suenan diferentes todos los instrumentos si vibran con la misma frecuencia?

El timbre de un sonido depende de las características propias del instrumento. Por ejemplo, en uno de cuerda, como la guitarra, el sonido emitido dependerá no solo de la vibración de la cuerda pulsada, sino también de la madera y otras partes de ella (caja de resonancia u otras cuerdas que vibran junto a ella).



Timbre de un diapasón, un violín y una flauta dulce. El perfil característico de cada instrumento varía de acuerdo con la nota musical interpretada.

## Ondas estacionarias en el sonido

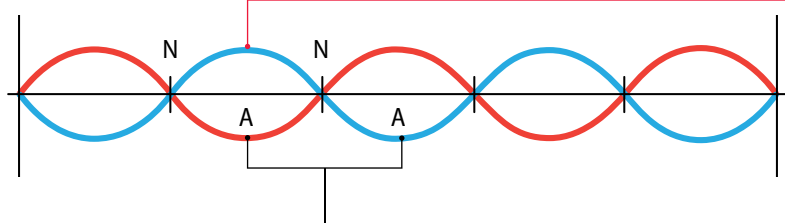
Como aprendiste en páginas anteriores, las **ondas estacionarias** se producen a partir de la interferencia producida por dos ondas de la misma naturaleza.

Cuando se pulsa la cuerda de una guitarra, se genera una onda que rebota constantemente en cada uno de sus extremos, formando así una **onda estacionaria** que, a su vez, se convierte en una onda sonora que se propaga en el aire con una frecuencia definida por las propiedades de la cuerda.

Esta cuerda al encontrarse fija en sus dos extremos, presenta un **nodo** en cada extremidad y un cierto número de **antinodos** que se manifiestan por un número entero de zonas repartidas a lo largo de la cuerda. Los nodos son **puntos de vibración mínima** dentro de una cuerda. Los **antinodos** son **puntos de vibración máxima** dentro de una cuerda y se encuentran entre dos nodos.

La distancia entre dos nodos (N) consecutivos (o dos antinodos) corresponde a media longitud de onda ( $\lambda/2$ ).

La amplitud de oscilación de un punto de la onda depende de su distancia al nodo más cercano.



**Antinodo.** Punto central entre dos nodos consecutivos que oscila con mayor amplitud.

— Onda estacionaria en el tiempo  $t$

— Onda estacionaria en el tiempo  $t + \frac{T}{2}$

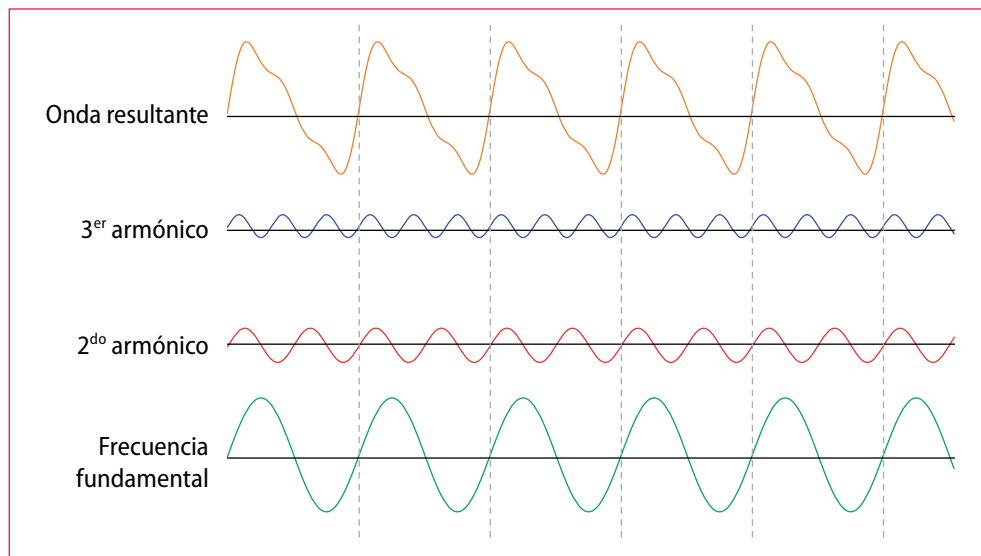
Dos antinodos consecutivos alcanzan sus amplitudes en sentidos opuestos.



## Armónicos

El sonido que produce una guitarra o cualquier otro instrumento, está constituido por una **superposición de ondas** que incluye una onda de **frecuencia fundamental**, común para todos los instrumentos que emiten la misma nota, y la suma de los armónicos de la onda. Los **armónicos** son **ondas de diferente amplitud**, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. El resultado de la suma de estas ondas es característica para cada instrumento y permite diferenciar el sonido generado por instrumentos diferentes.

La onda resultante en un instrumento corresponde a la suma de su frecuencia fundamental más sus armónicos.

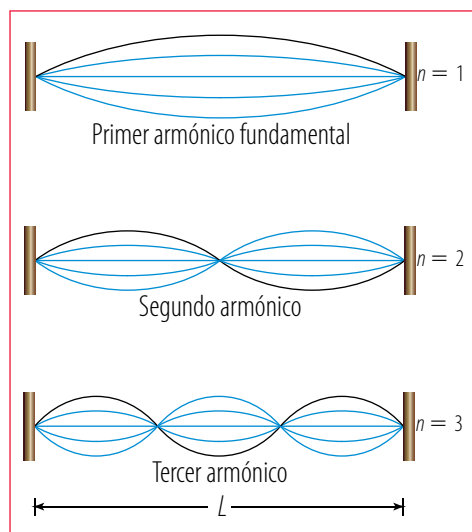


### Actividad 5



En esta actividad utilizarán el objeto que construyeron en la *Actividad exploratoria* de la *Lección 1* e intentarán encontrar armónicos. Para esto, junto con dos compañeros, sigan estos pasos:

1. Fijen la máquina de ondas en dos superficies verticales separadas, de modo que quede tensa.
2. Hagan oscilar los palos para que se propague un tren de ondas más o menos periódico.
3. Repitan el punto anterior. Busquen el primer armónico fundamental, el segundo y el tercer armónico, como se observa en la figura.
  - a. **Describan** qué ocurre con la onda que se propaga cuando llega al extremo opuesto de la huincha.
  - b. ¿Qué tuvieron que hacer para formar los armónicos? ¿Con qué concepto estudiado se **relaciona** su acción?
  - c. **Describan** qué ocurre con la longitud de las ondas a medida que aumenta el número de armónicos.
  - d. ¿Se puede obtener el cuarto y quinto armónico?, ¿qué tienen que hacer para encontrarlos? **Expliquen**.



## Minitaller científico 2

En esta actividad se espera que encuentres los armónicos de una guitarra. Para esto necesitarás una guitarra española y una huincha para medir. A continuación, sigue las instrucciones:

1. El primer armónico de una cuerda se consigue pulsándola al aire. En este caso, la cuerda está tensada y sus extremos se encuentran fijos y sin movimiento; estos puntos corresponden a los nodos.
2. En la sexta cuerda (contando desde abajo hacia arriba), debes pulsar la cuerda y dibujar la perturbación sobre ella.
3. Luego, posiciona un dedo en el traste número 12, rozando la cuerda en esta posición y con la otra mano emite un pulso. Repite esto hasta que escuches un sonido agudo y puro, al cual llamaremos armónico; eso indicará la correcta posición de tus dedos sobre la cuerda.
4. Busca a lo largo de la misma cuerda otros armónicos y registra en qué traste ocurrió.
5. Con una huincha métrica, mide la proporción de cuerda (realiza la medición desde el cejillo) que emite ese sonido y compárala con el largo total de la cuerda.
6. Finalmente, busca armónicos en otras cuerdas.

Ahora, responde estas preguntas:

- a. Cuando rozas la cuerda: ¿ese punto se mueve?, ¿cómo lo podríamos llamar?
- b. **Determina** a qué porción corresponde el largo de la cuerda hasta el traste 12 respecto del largo total de la cuerda.
- c. **Identifica** en qué trastes encuentras el segundo, tercer y cuarto armónico.
- d. En relación con los otros armónicos encontrados en la sexta cuerda, **determina** a qué porción corresponden sus largos con respecto del largo total de la cuerda.
- e. **Reconoce** en qué trastes encontramos armónicos idénticos entre la sexta y quinta cuerda.
- f. Utilizando los armónicos idénticos entre cuerdas, **diseña** un método para afinar tu guitarra.



## Intensidad de un sonido

La característica que define si un sonido es fuerte o débil se denomina **intensidad sonora**. Este concepto está relacionado con la **amplitud** de la onda y, por lo tanto, con la **energía** que transporta.

Las ondas sonoras intensas, o de alto volumen, propagan una gran cantidad de energía. En cambio, las ondas sonoras de bajo volumen, transportan muy poca energía. Los **sonidos fuertes** o de alto volumen corresponden a **amplitudes altas** y, por lo tanto, propagan **gran cantidad de energía**. Los **sonidos débiles** son de **amplitudes bajas** y sus ondas transportan **poca energía**.



Para hacer más intenso el sonido de un instrumento de viento, se debe aumentar la velocidad con la cual el aire ingresa a él. De esta forma, como ocurre en el saxofón, la lengüeta ubicada en su boquilla oscila con una mayor amplitud.



Para hacer que una cuerda suene con mayor intensidad, debemos sacarla una distancia mayor de su posición de equilibrio. Esa distancia corresponde a la **amplitud de la perturbación**.

### ACTIVIDADES DE **cierre**

Luego de estudiar esta lección, responde estas preguntas:

1. **Explica** qué situación debe ocurrir para que se produzca el sonido en un instrumento.
2. A medida que las notas musicales se van haciendo más agudas:
  - a. **Describe** qué le ocurre a la frecuencia y al tamaño de las ondas.
  - b. **Explica** si el periodo aumenta o disminuye. Fundamenta tu respuesta.
3. Piensa qué sucedería con el sonido si el aire cambia sus propiedades. **Describe** en qué condiciones no podríamos oír.

## Manejo de errores

Los datos que se obtienen en la investigación en ciencias provienen del registro de resultados de observaciones experimentales. Estos datos, en la mayoría de los casos, son de naturaleza numérica. Es decir, los datos son **mediciones** obtenidas mediante instrumentos y aparatos adecuados para lo que se desea medir.

Sin embargo, aunque no lo parezca, toda medición puede ser imprecisa y presentar **errores** en los valores que entrega. Existen varios tipos de errores de medición. Uno de ellos son los **errores sistemáticos**, que son aquellos que permanecen constantes a lo largo de todo el proceso de medida y, por ende, afectan a todas las mediciones. Estos pueden darse por fallas instrumentales, personales o por la elección errónea del método de medición. También existen **errores accidentales** que se producen cuando existen variaciones entre observaciones sucesivas realizadas por un mismo investigador, lo que arroja valores diferentes para cada medida.

La combinación de todos los errores conforma lo que en ciencias se denomina **error de medición**. Esta expresión no se refiere a una equivocación en el proceso, sino al límite de precisión del dato obtenido.

### ¿Cómo evitar los errores al realizar mediciones?

- Si estás trabajando con instrumentos, es necesario calibrarlos periódicamente o comparar sus escalas de medición con patrones de referencia para ver si existe algún factor que altere las mediciones.
- Si estás leyendo el resultado de una medición en un instrumento, como una probeta, debes estar de frente a este. No debes realizar la lectura ni mirando desde arriba ni desde abajo.
- Antes de registrar el resultado de la medición, asegúrate de que el instrumento que estás usando (por ejemplo, una balanza) se haya estabilizado por completo. También debes procurar que este se ubique en la posición correcta y que se mantenga fijo durante el registro de la medición, como en el caso de las huinchas de medir.



### Ahora tú

**Piensa en el procedimiento que llevas a cabo cuando mides longitud con una regla.**

**A continuación, responde estas preguntas:**

1. ¿Crees que en todas las oportunidades has obtenidos resultados precisos?, ¿por qué?
2. ¿Qué tipo de errores de medición crees que has cometido? Conversa con un compañero.
3. Si construyeras una balanza escolar, ¿crees que esta entregaría valores reales o estimados? ¿Cómo podrías explicarlo?



# Taller científico

## Habilidades científicas

En este taller pondrás a prueba la habilidad modelada anteriormente: **manejo de errores**. Recuerda que para evitar los errores accidentales o aleatorios, debes utilizar los instrumentos con rigurosidad, tomando en cuenta que la forma de realizar la medición y el instrumento elegido influirá directamente en el resultado final.

### Materiales

- Tubo de PVC de 30 cm de largo y 20 mm de diámetro
- Sierra de calar
- Lápiz de pasta
- Vela
- Regla
- Pliego de lija
- Taladro pequeño o lima



El taladro debe ser usado por un adulto.

## Construir una flauta de PVC

### Antecedentes

En este taller pondrás a prueba el modelo matemático que involucra las propiedades de las ondas, aplicadas en un instrumento musical.

La flauta que construirás está formada por un tubo, con dos extremos abiertos. El tamaño del tubo en el primer armónico corresponde a la mitad de la longitud de onda de la nota que buscamos. Por ejemplo: la nota *la* tiene una frecuencia de 440 Hz. Al usar la ecuación de rapidez de propagación de la onda, y sabiendo que la velocidad con la que se propaga el sonido en el aire (a 15 °C aproximadamente) es de 340 m/s, es posible conocer el tamaño o longitud de onda de la nota *la*:

$$v = \lambda \cdot f \Rightarrow \lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{440} = 0,773 \text{ m}$$

El tubo abierto, que emita este tono, debe tener un tamaño igual a la mitad del tamaño de la onda, por lo tanto el tubo debe medir:

$$L = \frac{\lambda}{2} = \frac{0,773}{2} = 0,387 \text{ m}$$

Esta distancia es la que existe entre la boquilla de la flauta y el orificio de la nota *la*.

### Problema de investigación

¿Cómo se puede construir un instrumento musical, basándose en la teoría, para que reproduzca notas musicales a la perfección? Plantea una posible hipótesis que dé respuesta a este problema.

### Procedimiento

Junto con dos compañeros, desarrollen estos pasos:

1. Corten un trozo de PVC de 30 cm de largo. Luego lijén sus bordes para que queden lisos.
2. Marquen una línea a 2,5 cm de uno de los extremos del tubo. En esta marca un adulto tendrá que realizar un agujero de 7 mm de diámetro.
3. Luego corten un trozo de vela de 1 cm de alto e introdúzcanlo dentro del tubo, en el extremo donde se encuentra la boquilla.
4. Para construir los orificios de la flauta es necesario conocer la distancia que deben tener desde la embocadura al orificio. Para esto es necesario recordar que para que un tubo abierto emita una frecuencia determinada, este debe tener un tamaño igual a la mitad de la longitud de onda.

A partir de la siguiente tabla, aplica lo señalado en los antecedentes para marcar los puntos en la flauta donde debieran ir los orificios, de manera que se puedan emitir las notas indicadas. Recuerda que las distancias a los orificios se miden siempre desde el centro de la embocadura.

Nota musical	Frecuencia (f) Hz	Longitud de onda ( $\lambda$ ) m	Distancia desde la embocadura al orificio (m)
Re	1174,64		
Do	1046,56		
Si	987,76		
La	880		
Sol	784		
Fa	698,46		
Mi	659,26		

La marca realizada en el tubo debe quedar al borde del orificio, que tendrá entre 7 y 8 mm de diámetro. Recuerda que la marca tiene que estar al borde del orificio y no en el centro.

5. Cuando lleguen a la nota mi, que corresponde al orificio más alejado de la boquilla, no deben perforarla, ya que esta distancia representa el término de la flauta. Por lo tanto a esta distancia se debe cortar la flauta.
6. Finalmente, utilicen una guitarra afinada o un afinador electrónico para corroborar que los tubos emitan las notas musicales.

### Análisis

Luego de que hayan construido la flauta y la hayan usado, respondan estas preguntas:

- a. Describan el sonido producido por los orificios a medida que se van alejando de la embocadura.
- b. ¿Cómo explicarían la diferencia en los tonos producidos por los distintos orificios?
- c. ¿La flauta permite obtener las notas musicales que conoces? ¿Qué relación tiene la rigurosidad del procedimiento con lo que respondieron anteriormente?
- d. ¿Las notas musicales de la flauta y del afinador o de la guitarra son iguales? Si encontraron diferencias, ¿cómo las explicarían?

### Conclusiones y comunicación de resultados

Elaboren conclusiones relacionadas con la aplicación de los modelos teóricos y matemáticos, además del manejo de errores y la precisión en la construcción de un instrumento musical. Reúnan sus resultados en un póster científico y preséntenlos a los demás grupos. Para esto, revisen la página 232 del Anexo 1.



## Organizando lo aprendido

1. Observa atentamente el siguiente mapa de ideas. En este organizador gráfico se agrupan algunos aspectos relacionados con los contenidos de la *Lección 2*.



2. Elabora tu propio mapa de ideas con los conceptos más importantes de la *Lección 1*.

## Actividades

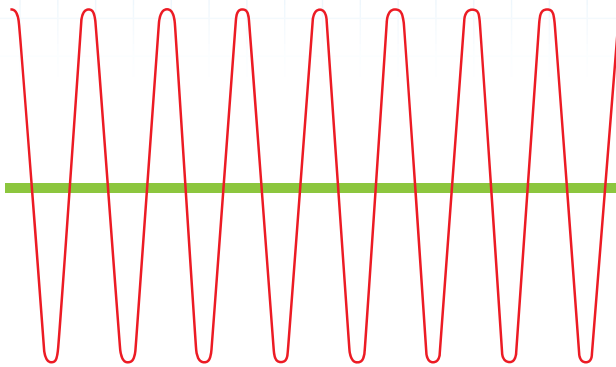
1. Las campanas de las imágenes muestran dos situaciones: en **A** se representa un medio en el que existe aire, y en **B** el sistema está adaptado para generar la condición de vacío. **Obsérvalas** y luego responde:

- Si en la pantalla del celular observaras que está entrando una llamada, **analiza** en cuál de los casos no puedes escuchar el sonido del llamado.
- Explica**, de acuerdo con lo que sabes de ondas electromagnéticas y mecánicas, por qué en ambos casos puedes ver la luz que emite la linterna o la de la pantalla del celular.

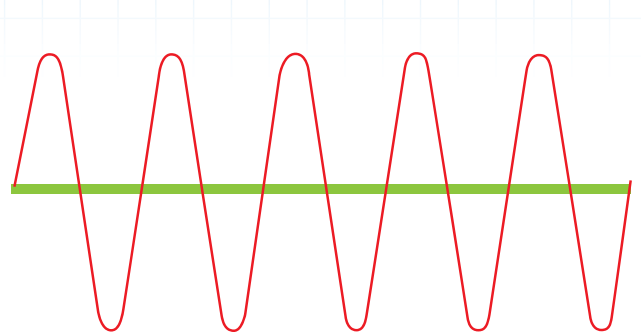


2. David registró tres sonidos, tal como muestran los esquemas. Cada onda sonora se emitió en el mismo intervalo de tiempo y recorrieron una distancia de 10 m.

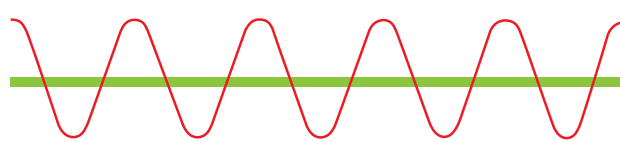
a.



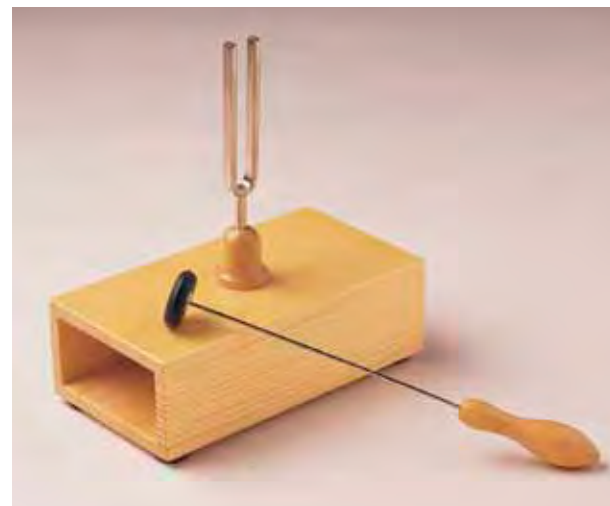
b.



c.



- Identifica qué representaciones corresponden a sonidos agudos y graves. Justifica tu respuesta.
  - Compara las ondas a, b y c en términos de su longitud de onda, amplitud e intensidad.
3. El limpiaparabrisas de un auto efectúa un movimiento periódico: en 20 s recorre 10 veces el parabrisas después que sale de su posición original hasta que vuelve a ella. Respecto de esta información, responde estas preguntas:
- ¿Cuánto tiempo demora en completar una oscilación completa?
  - ¿Cuál es la frecuencia de oscilación del limpiaparabrisas?
  - Elabora un esquema en tu cuaderno que represente una oscilación completa del limpiaparabrisas.
4. El diapasón es una varilla en forma de U que se encuentra fija a una caja abierta. Al golpearlo vibra, emitiendo ondas sonoras con una frecuencia de 660 Hz; es decir, la nota mi.
- ¿Cuál es la longitud de onda de la nota musical que emite este diapasón?
  - ¿Cuál es su periodo?
  - ¿Para qué sirve su caja de madera?
  - Averigua si un diapasón puede emitir más de una frecuencia.





## ¿Cómo escuchas?

### Necesitas saber...

Frecuencia, intensidad y propagación del sonido.





### Propósito de la lección

¿Cómo definirías el volumen de un sonido? ¿Crees que existen sonidos que los seres humanos no podemos escuchar? En esta lección aprenderás a diferenciar un sonido de otro de acuerdo con su intensidad, las distintas frecuencias audibles por el ser humano y el funcionamiento del oído.

### Actividad exploratoria

1. Analiza la siguiente clasificación de la intensidad del sonido en distintos ambientes y situaciones.

#### Tipos de ambientes

	Silencioso
	Poco ruidoso
	Ruidoso
	Molesto
	Insoportable

2. A continuación, junto con dos compañeros, recorran la escuela y presten atención a diferentes sonidos que se producen a lo largo del día: en la biblioteca, el patio, la sala de clases y la salida de clases. Registren los sonidos y clasifíquenlos de acuerdo con la simbología anterior.

Ahora, respondan estas preguntas:

- a. Identifiquen espacios silenciosos, ruidosos y molestos en la escuela.
- b. ¿Qué lugares son más comunes en las ciudades muy pobladas? ¿Cómo podrían explicarlo?
- c. Reconozcan en sus casas lugares que sean silenciosos, ruidosos e insoportables.

### Intensidad sonora

Como ya sabes, la intensidad es la cualidad del sonido que permite diferenciar y clasificar los sonidos como fuertes y débiles. También aprendiste que la intensidad se relaciona con la amplitud de la onda y con la energía que transporta.

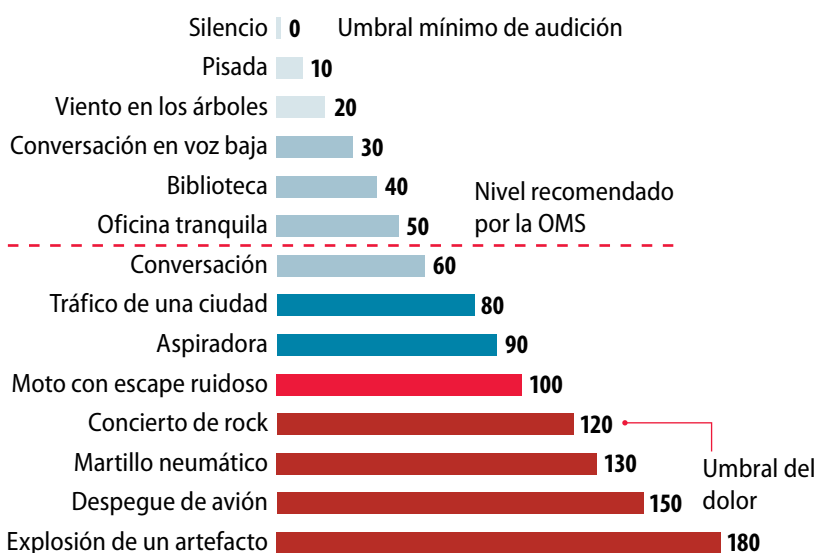
En la *Actividad exploratoria* pudiste identificar distintos tipos de sonidos. Seguramente aquellos que te resultaron desagradables eran fuertes, a diferencia de los que resultaron agradables. La intensidad también hace posible diferenciar el volumen del sonido.

## Volumen y decibeles

El **umbral mínimo de audición** se da cuando el oído sano no percibe los sonidos porque están por debajo de una intensidad mínima. Si un sonido determinado llega a la intensidad máxima que puede captar el oído sin sentir dolor, se reconoce el **umbral superior de audición** o **umbral de dolor**.

El nivel de intensidad sonora se expresa en **decibeles (dB)**, que es una unidad relacionada con la capacidad de oír. Así, el nivel mínimo o umbral de audición corresponde a **0 dB**. Los sonidos menos intensos no pueden percibirse. El nivel máximo, también llamado umbral de dolor, corresponde a **120 dB** y por encima de él percibes una sensación dolorosa.

La siguiente tabla muestra distintas situaciones, sus intensidades sonoras y los efectos que provocan.



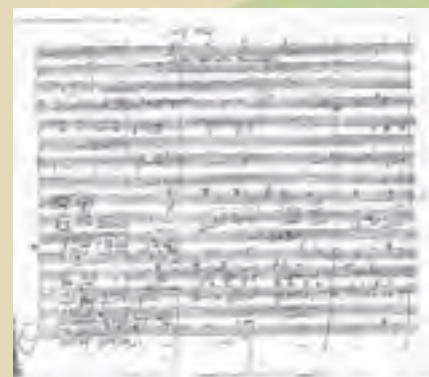
Intensidad (dB)	Efecto
120 - 140	Pérdida de la audición.
130	Sensación de dolor.
110	Ruido muy fuerte. Lesiones del oído si la exposición al ruido es continua.
90	
70	Dificultades para conversar.
50	Sonido bajo.
10	Sonido muy bajo, apenas audible.
0	



El desafío de

## Ludwig van Beethoven

Compositor, director de orquesta y uno de los más virtuosos pianistas alemanes y del mundo. Beethoven tuvo un gran desafío: crear sus magistrales obras mientras su capacidad auditiva disminuía. A medida que su sordera avanzaba, siguió componiendo, ejecutando y dirigiendo sus obras, incluso después de quedar completamente sordo. En una ocasión, después de estrenar su Novena Sinfonía, se volteó para ver el aplauso emocionado de la audiencia. Al darse cuenta de que no escuchó nada comenzó a llorar. Escucha una parte de esta sinfonía en <http://www.lvbeethoven.com/Oeuvres/LvBeethoven-Midi-Mp3-Sinfonias.html>

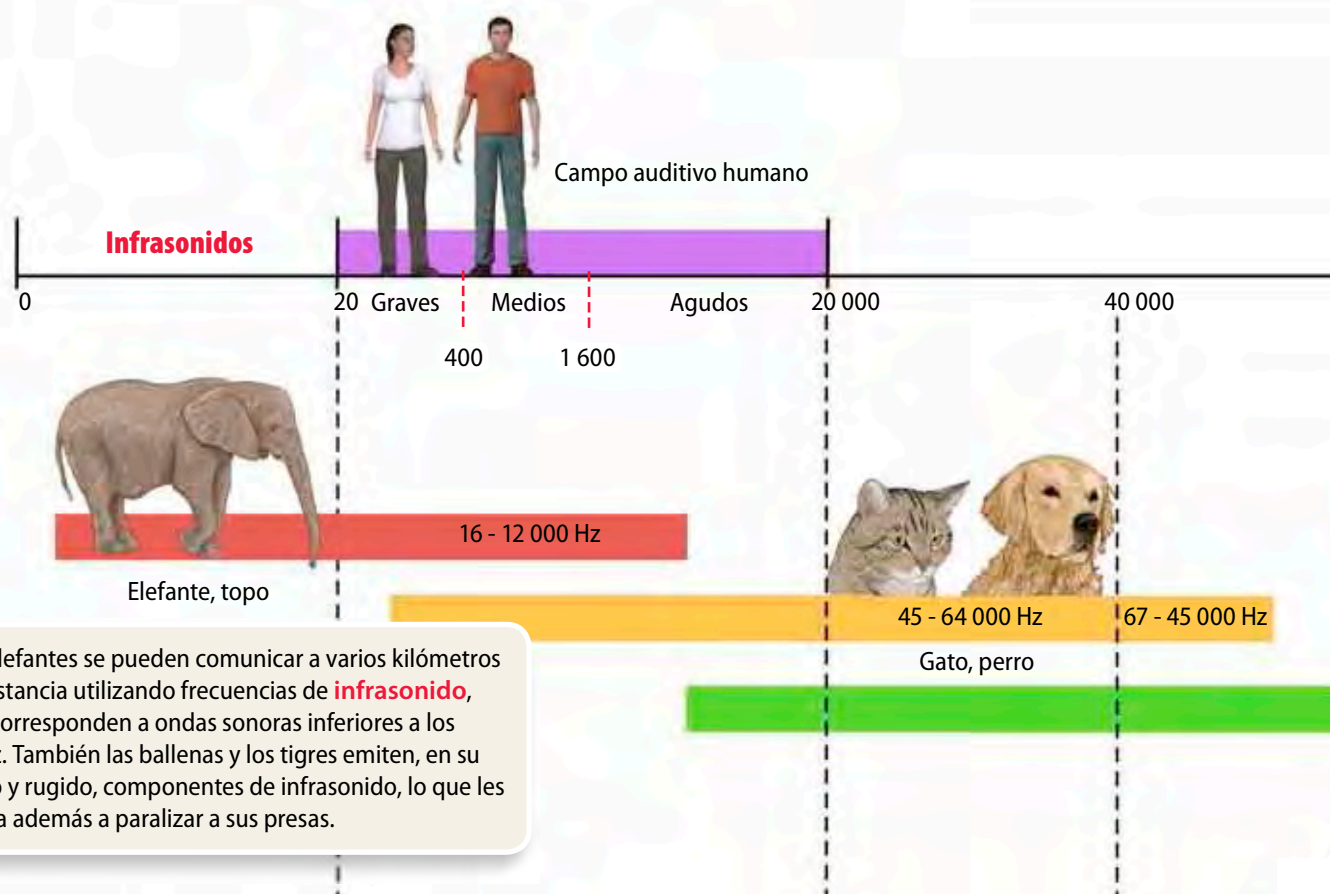


## Espectro de frecuencias auditivo

Como sabes, el tono de un sonido depende de su frecuencia. Los sonidos **agudos** poseen **alta frecuencia**, en cambio los sonidos **graves** poseen **baja frecuencia**.

Existen sonidos muy agudos que no puedes escuchar, de igual forma que hay sonidos graves que tu oído es incapaz de captar. Sin embargo, ¿qué tipo de sonidos no podemos escuchar, tomando en cuenta que nuestros oídos están sanos? ¿Los animales escuchan lo mismo que el ser humano?

Observa el siguiente esquema que representa el **espectro auditivo**. En este se considera las frecuencias audibles para el ser humano y otros animales.



### Actividad 6

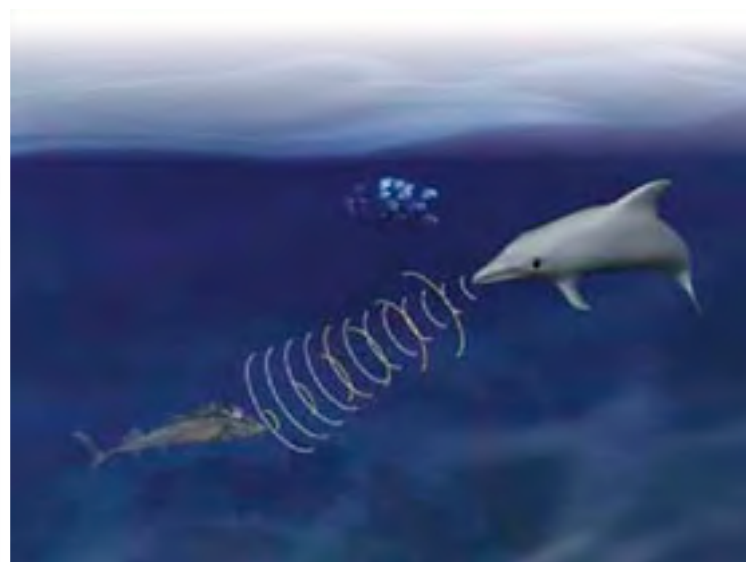


Analiza los datos de la tabla y luego responde las preguntas asociadas.

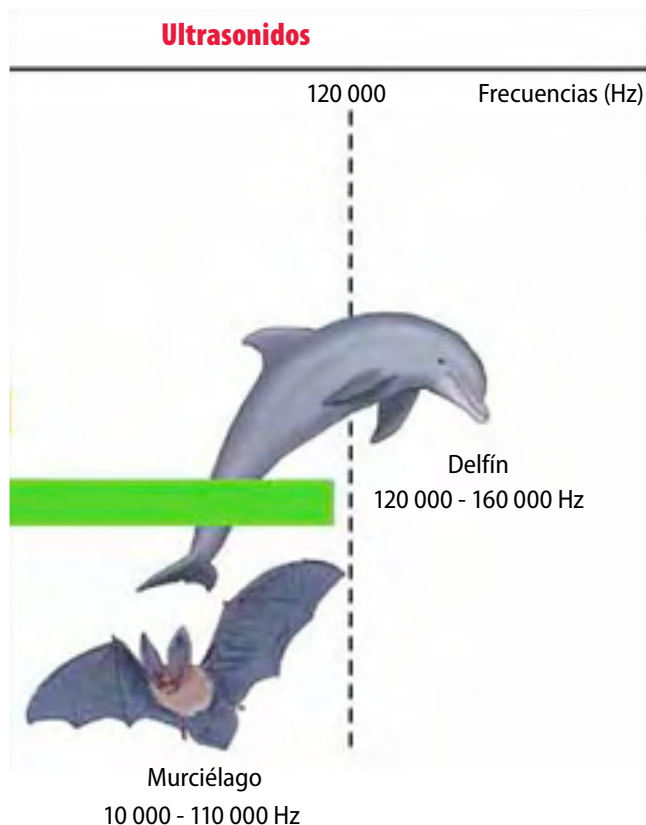
1. Identifica cuál de los animales posee el rango de audición más amplio y menos amplio.
2. Reconoce qué animal posee el rango auditivo más cercano al del ser humano.
3. Señala al menos dos animales que perciban ultrasonidos.

Animal	Rango de audición (Hz)
Perro	67 - 45 000
Ratón	1 000 - 91 000
Gato	45 - 64 000
Rana	100 - 2 500
Elefante	16 - 12 000

El **ultrasonido** corresponde a ondas sonoras por sobre los 20 000 Hz. Estas son percibidas y emitidas por diversos seres vivos. Insectos como polillas y mamíferos como los murciélagos, ratones, perros y delfines utilizan el sonido en ese rango para comunicarse, obtener alimento y localizar objetos. Algunas especies de murciélagos utilizan un sistema llamado **ecolocalización**, que consiste en emitir sonidos de alta frecuencia. Así logran orientarse en una cierta dirección del espacio, y a través de la reflexión que se produce de la onda sonora, pueden estimar la distancia, el tamaño y forma de los objetos. De este modo pueden desplazarse por cavernas totalmente oscuras.



Los delfines o las ballenas encuentran alimento, evitan obstáculos, detectan a un depredador y se mantienen en manada mediante la ecolocalización. En el caso de los delfines, estos animales utilizan sonidos de frecuencias superiores a los 100 000 Hz para cazar y desplazarse en aguas con corrientes. Para ello utilizan sus mandíbulas para captar las ondas sonoras reflejadas.



### Actividad 7



En los últimos años, los científicos han estudiado la forma de ayudar a las personas ciegas por medio de la ecolocalización. **Averigua** acerca de este tema y **reflexiona** cómo podría concretarse este tipo de ayuda.



### El oído y la audición

Como sabes, las ondas sonoras pueden viajar por el aire, el agua e incluso a través de los sólidos. Sin embargo, ¿qué provocan las ondas sonoras en los oídos para que podamos escuchar?

El **aparato auditivo** está diseñado para captar las vibraciones provenientes de las ondas mecánicas, transformándolas en impulsos eléctricos que llegan finalmente hasta el cerebro, donde son interpretados como diferentes sonidos.

A continuación podrás conocer las estructuras que son parte del oído humano.

1

#### Oído externo

El sonido es captado por el pabellón auditivo (oreja) que tiene la forma adecuada para brindar una mayor superficie de recepción de las ondas sonoras. Luego estas pasan por el **conducto auditivo externo**, lugar donde se concentran las ondas para luego dirigirse hasta el tímpano.

2

#### Oído medio

Es una pequeña cavidad de aproximadamente 1 cm de ancho, ubicada al final del conducto auditivo. En esta parte del oído se encuentra el **tímpano**, membrana elástica que vibra al recibir ondas sonoras. Las vibraciones luego se transmiten a un sistema mecánico formado por tres huesos pequeños (**martillo, yunque y estribo**), que transmiten y amplifican la vibración hacia la ventana oval.

3

#### Oído interno

Consiste en una serie de conductos y cavidades donde la vibración se transforma en una señal eléctrica. La ventana oval conecta el oído medio con la **cóclea** o **caracol**. En el interior de esta estructura hay un líquido que transmite la vibración hasta el **órgano de Corti**. Esta estructura posee las terminaciones nerviosas que son las encargadas de enviar el estímulo hacia el cerebro a través del **nervio auditivo**.



## Para saber+

Cuando las personas viajan en avión, en algunas ocasiones sienten una molestia en el oído durante el despegue o el aterrizaje. Esto se produce por una diferencia de presión entre el aire contenido en el oído medio y el aire externo.

La **trompa de Eustaquio**, que comunica el oído con la nariz—y se ensancha al bostezar, masticar o tragar—, tiene que abrirse un poco para que el aire pueda entrar o salir y equilibrarse. Una sensación similar se puede percibir en un ascensor que sube o baja demasiado rápido o cuando subes y bajas un cerro.



### Actividad 8



Observa la estructura del oído y sus partes. Luego, responde estas preguntas:

1. **Infiere** cuál es la ventaja de que al interior de la cóclea haya líquido.
2. **Identifica** todos los medios por los cuales se transmiten las ondas sonoras desde la oreja hasta la cóclea.
3. **Representa** lo que ocurre con la transmisión de las ondas sonoras en el oído medio con piezas de dominó. Luego **explícaselo** a un compañero.



## Contaminación acústica

Observa la imagen e imagina cómo se percibe el sonido en esa situación. La **contaminación acústica** es el resultado de sonidos molestos y afecta principalmente a los habitantes de las ciudades o a quienes, por sus trabajos, se ven expuestos a sonidos de intensidades altas o moderadas durante un tiempo prolongado. Como aprendiste anteriormente, ambas situaciones pueden dañar el sistema auditivo.

El exceso de ruido puede provocar efectos negativos para la salud, como estrés, falta de sueño, desconcentración, bajo rendimiento e incluso pérdida de la audición.

Como sabes, la unidad de medida de la intensidad del sonido es el decibel (dB) y el instrumento que se utiliza para medirlo es el **sonómetro**. El indicador más fácil para medir el ruido ambiental es el nivel de presión sonora (NPS) expresado en dB y corregido por un filtro de ponderación que permite que el sonómetro perciba las frecuencias, en Hz, de manera similar a como los escucha el oído humano.

El daño acústico es proporcional tanto a la intensidad del sonido como al tiempo de exposición. Es por esto que la norma chilena establece como un periodo máximo de exposición laboral de 8 horas a 85 dB, 4 horas a 90 dB o 2 horas a 95 dB.

Un estudio realizado en 1989 por el Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (Sesma) estimó que 1 300 000 personas estaban sometidas cotidianamente a niveles de ruido inaceptables por las normas internacionales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55 dB como límite superior deseable al aire libre. En la siguiente tabla se muestran otros valores de ruido para distintos ambientes:

Tipo de ambiente	dB
Viviendas	50
Escuelas	35
Discotecas	90 durante 4 horas
Conciertos, festivales	100 por 4 horas
Comercio y tráfico	70

**Fuente:** Platzer U. Iniguez R., Cevo, J. y Ayala, F. Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Rev. Otorrinolaringol. Cir. Cabeza Cuello* [online]. 2007, vol.67, n.2.

### Actividad 9



1. **Investiga** y elabora una lista con los efectos físicos y psicológicos de la contaminación sonora en las personas.
2. **Averigua** si en Chile existen leyes que regulen la contaminación sonora y la alta exposición a ruidos.

## Pérdida de la capacidad auditiva

Generalmente la capacidad auditiva se va deteriorando con la edad. Este deterioro se incrementa debido a la exposición a sonidos que se acercan o superan el umbral del dolor. La mayoría de las personas de 30 años o más no oye frecuencias de más de 15 000 Hz. A los 50 años el límite desciende a los 12 000 Hz y a los 70 años baja a 6 000 Hz (es decir, por debajo del límite superior de la conversación normal).

Estudios audiométricos realizados a personas que han sido sometidas a altos niveles de ruido, durante largo tiempo, manifiestan una baja de la audición en frecuencias altas (entre 3 000 y 6 000 Hz) y, en particular, alrededor de los 4 000 Hz, que corresponde a una conversación con volumen moderado. La pérdida se amplía con el tiempo hasta afectar frecuencias entre los 500 Hz y los 2 000 Hz, es decir, presentan dificultad para escuchar cualquier conversación.

### ¿Qué efectos tiene la pérdida de audición en la calidad de vida?

Los efectos causados por esta exposición son de tipo **fisiológico** y **psicológico**:

- Entre los primeros, se reconocen lesiones que afectan el oído externo, el oído medio (como la ruptura del tímpano) y el oído interno. También se reconocen lesiones mixtas, que afectan a más de una porción del oído. Estas suelen ser más graves que las anteriores.
- Los de índole psicológico pueden ir desde el insomnio y una conducta irritable que dura poco tiempo, hasta una alteración permanente de la conducta, la cual requiere atención médica.

### Para saber

Actualmente muchos jóvenes tienen la misma pérdida de la capacidad auditiva que la de un adulto de 50 años, debido al uso de los reproductores de música con audífonos personales.

Conversa con tus compañeros y elaboren un afiche que ayude a prevenir la pérdida de la audición a temprana edad.

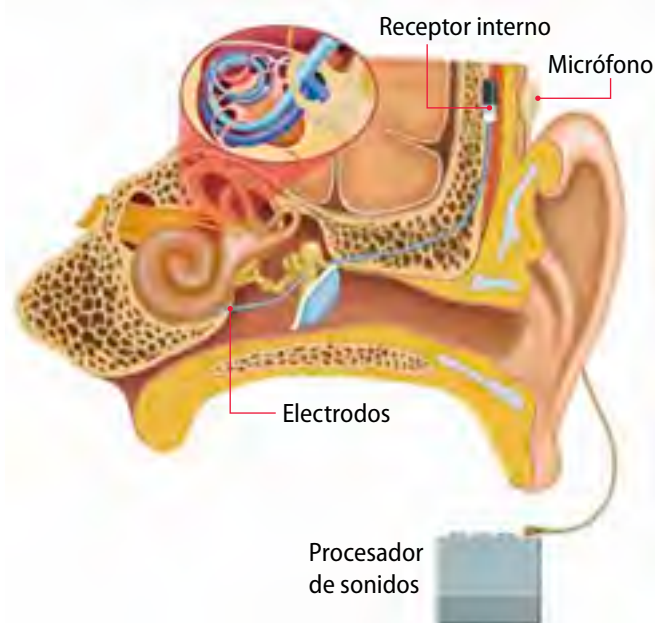


### Conexión con... Medicina

La mayoría de las sorderas son consecuencia de la destrucción de unas estructuras llamadas cilios, que están al interior de la cóclea. Estas células son las que transmiten los sonidos al nervio auditivo.

Existen varias soluciones para mejorar la capacidad auditiva. El **audífono** es un aparato electrónico que amplifica el sonido. Estos reciben las ondas sonoras por medio de un micrófono, el que convierte las ondas en señales eléctricas. El amplificador aumenta el volumen de las señales y envía el sonido al oído a través de un altavoz.

El **implante coclear** es un sistema electrónico que se fija en el cráneo. Desde allí se desprenden electrodos que se implantan en la cóclea. El micrófono, ubicado detrás de la oreja, recoge los sonidos y los transmite al receptor interno.



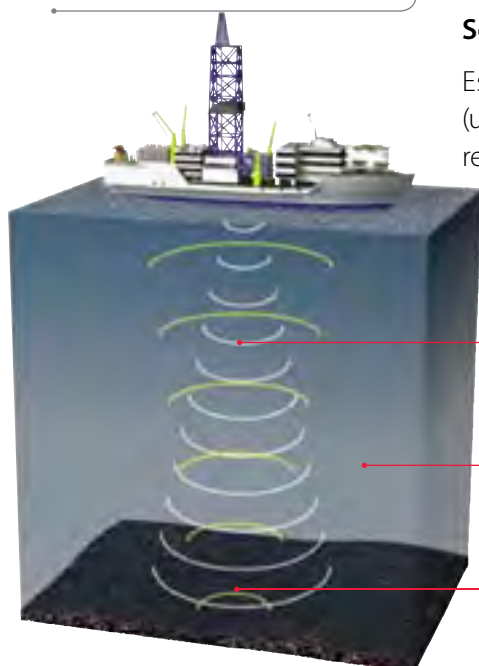


## Aplicaciones de las ondas sonoras

### Actividad 10



1. **Averigua** si el sonar afecta a la fauna marina.
2. **Compara** la acción de este aparato con el funcionamiento del radar. Luego, determina sus diferencias y similitudes.



El sonar emite ondas de ultrasonido hacia las profundidades del océano.

El sonido se transmite por el agua hasta que se encuentra con algún obstáculo.

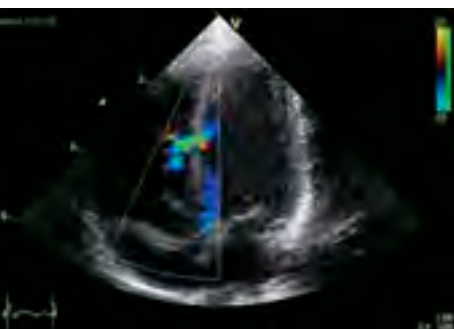
Las ondas se reflejan y se devuelven al dispositivo emisor. Cuanto más tarda una onda en regresar, a mayor profundidad se encuentra el subsuelo marino.

### Sonar

Este instrumento se basa en la reflexión de ondas sonoras de alta frecuencia (ultrasonidos). Producto de su funcionamiento se ha podido conocer la forma del relieve submarino.

### Ecógrafo

Tal vez en medicina las ondas de ultrasonido han tenido aplicaciones más significativas, pues ha permitido estudiar partes internas del cuerpo humano sin dañar los tejidos, a diferencia de lo que sucede cuando se usan algunas radiaciones electromagnéticas. El **ecógrafo** es un transductor que emite ondas de ultrasonido. Cuando estas se reflejan en el cuerpo, se visualiza en una pantalla la región del cuerpo que se quiere investigar. La ecografía permite observar distintos órganos internos, como también el desarrollo embrionario al interior de la madre.



## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. **Dibuja** un esquema que represente cómo viajan las ondas sonoras desde el aire hasta el oído interno.
2. **Explica** por qué están prohibidos los vuelos comerciales a baja altura cerca de zonas urbanas.

## Detectar objetos sumergidos en las profundidades del mar

### Situación problema

El sonar de un barco envía ondas sonoras hacia el fondo del mar, las que se reflejan 12,3 s después de ser enviadas. Si se conoce que la velocidad del sonido en el agua es de 1 500 m/s, ¿a qué profundidad se encontrará el objeto?

#### 1. Entender el problema e identificar las variables

Para entender este problema se debe recordar que las variables distancia y tiempo se relacionan a través de la rapidez:

$$v = \frac{d}{t}$$

Como se conoce el tiempo que demoran las ondas emitidas en reflejarse y la velocidad del sonido en el agua, se registran los datos para aplicarlos en la fórmula correspondiente.

#### 2. Registrar los datos

Rapidez del sonido en el agua = 1 500 m/s

Tiempo que demoran las ondas en reflejarse = 12,3 s

#### 3. Aplicar el modelo matemático

Antes de aplicar la fórmula matemática, hay que tener en cuenta que el tiempo considerado es el tiempo total que demoran las ondas al salir del sonar, reflejarse y volver hasta el instrumento; por lo tanto, para conocer la distancia a la que se encuentra el cuerpo solo se necesita el tiempo que demora la onda en la mitad del ciclo:

$$t_{total} = \frac{12,3}{2} = 6,15 \text{ s}$$

Luego, con este dato, se aplica la fórmula correspondiente a la rapidez. Así se obtiene que:

$$v = \frac{d}{t}$$

Al despejar la distancia, tenemos que  $d = v \cdot t$ , luego, al remplazar los datos en la fórmula se obtiene:

$$1500 \frac{m}{s} \cdot 6,15 \text{ s} = 9225 \text{ m}$$

#### 4. Redactar una respuesta

La profundidad a la que se encuentra el objeto detectado por el sonar del barco es de 9 225 metros.

### Ahora Tú

1. El Titanic se encuentra hundido a una profundidad de 3 821 m. Con estos datos, calcula el tiempo que demoraría una onda sonora emitida por un sonar en llegar al Titanic y reflejarse.
2. Calcula a qué distancia se encuentra un insecto de un murciélago, si este emite un sonido de 50 000 Hz que se tarda 0,1 s en volver a él.

# ¿Cómo interactúa el sonido con el entorno?

### Necesitas saber...

Concepto de onda mecánica y sus características.

### Propósito de la lección

Como sabes, el sonido es energía que se propaga en diferentes medios materiales. La interacción entre el sonido y el entorno produce varios fenómenos como el eco y la interferencia. En esta lección conocerás las características de estos fenómenos y las aplicaciones desarrolladas a partir de ellos.

### Actividad exploratoria

Observa las siguientes imágenes:



Quizás has escuchado el sonido de la sirena de una ambulancia o de un carro de bomberos cuando pasan a gran velocidad. Al respecto, responde estas preguntas:

1. ¿Cómo describirías el sonido cuando se acercan y cuando se alejan estos vehículos?
2. ¿Qué cambios sufre el sonido cuando la ambulancia o el carro de bomberos pasa frente a ti?
3. ¿En qué momento la frecuencia del sonido se hace mayor y menor, respectivamente? Discute tu respuesta con otros compañeros.

## Fenómenos acústicos

Piensa en lo que escuchas cuando emites un sonido en un gran espacio vacío. Lo más probable es que escuches el eco de tu voz. La interacción del sonido con la materia depende de las características del medio de propagación y de las del entorno. Así, las ondas sonoras **se reflejan**, **se absorben** o **se refractan**.

## Reflexión y eco

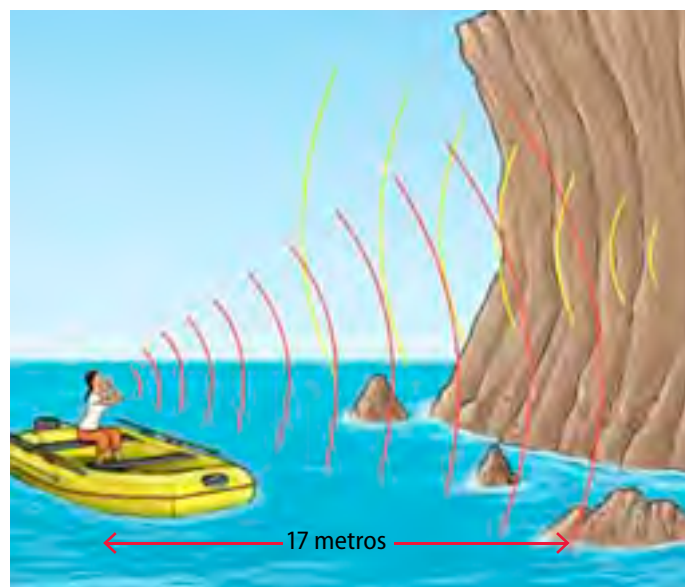
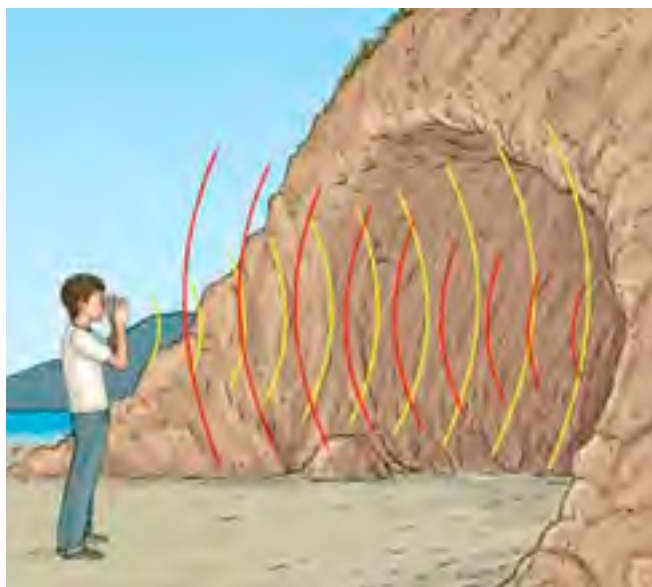
Es probable que alguna vez hayas notado que al emitir un sonido en un lugar silencioso y espacioso lo vuelves a escuchar como si viniera de una persona situada frente a ti. De la misma manera en que una pelota rebota en el suelo, el sonido rebota frente a un obstáculo. La **reflexión** es el fenómeno que se produce cuando las **ondas sonoras** llegan hasta un elemento que se opone a su propagación y **se reflejan**, cambiando o invirtiendo su sentido.

Un fenómeno particular relacionado con la reflexión del sonido es el **eco**. Cuando gritas frente a una montaña, se oye primero el sonido directo, y después, el sonido reflejado en el obstáculo. Esta repetición del sonido se debe a la reflexión de las ondas sonoras.

### Actividad 11



**Relaciona** lo que acabas de aprender sobre la reflexión de las ondas sonoras con el funcionamiento del sonar, visto en la página 48.



El eco se produce cuando las ondas de sonido que rebotan y se reflejan, demoran 0,1 segundo o más en llegar a nuestros oídos. Esto se explica porque nuestro oído es capaz de distinguir dos sonidos si llegan separados por 0,1 segundo o más.

Para que el oído humano perciba el eco en el aire, la distancia entre la fuente sonora y la superficie reflectora debe ser de 17 metros o más.

## Reverberación

En el caso de que el tiempo de separación entre el sonido emitido y el reflejado sea menor de 0,1 segundo, nuestro oído percibirá un solo sonido prolongado, fenómeno conocido como reverberación.

Para que se produzca la reverberación, el obstáculo debe estar a menos de 17 metros. Así, el sonido inicial y el reflejado se solapan, lo que dificulta detectar el sonido emitido.



Para evitar la reverberación, en los teatros y salones de conciertos se colocan cortinas y otros materiales que absorben el sonido.





Si examinaras con una lupa distintos materiales, te darías cuenta de que algunos son más porosos que otros, lo que les permite absorber mejor el sonido. Realiza esta experiencia y comenta lo que viste con un compañero.

## Absorción del sonido

Para disminuir la intensidad de los sonidos reflejados y mejorar la audición en viviendas, lugares de trabajo, teatros y cines, entre otros, se usan materiales **absorbentes de las ondas sonoras**, como cortinas, alfombras o butacas tapizadas.

Generalmente los materiales blandos y de baja densidad, como las esponjas, las alfombras y las telas absorben gran parte del sonido. Estos materiales poseen en su interior numerosas cavidades, cuyas paredes comienzan a vibrar cuando reciben ondas sonoras. Esto provoca fricción y la posterior disipación de la energía de la onda en forma de calor.

Para determinar la cantidad de energía que absorbe un material, se define el **coeficiente de absorción**, el cual indica el porcentaje de energía absorbido por unidad de espesor de un material con respecto a la intensidad original de la onda incidente.

Material	Coeficiente de absorción del sonido según frecuencias (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Bloque de hormigón pintado	0,1	0,05	0,06	0,07	0,1	0,1
Ladrillo	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Cristal de ventana	0,3	0,2	0,2	0,1	0,07	0,04
Cortinas, terciopelo medio	0,07	0,3	0,5	0,7	0,7	0,6
Asientos tapizados sin ocupantes	0,2	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6
Asientos tapizados con ocupantes	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	0,9
Alfombra dura sobre hormigón	0,02	0,06	0,15	0,4	0,6	0,6

**Fuente:** Hall, D. (1991). *Musical Acoustics*. (2° ed.). California: Brooks/Cole Publishing

Si una onda de frecuencia 125 Hz incide en una cortina de tela gruesa, cuyo coeficiente de absorción es 0,07, significa que la cortina absorbe el 7 % de la energía incidente. Fíjate que los materiales varían su coeficiente de absorción dependiendo de la frecuencia de la onda.

### Actividad 12

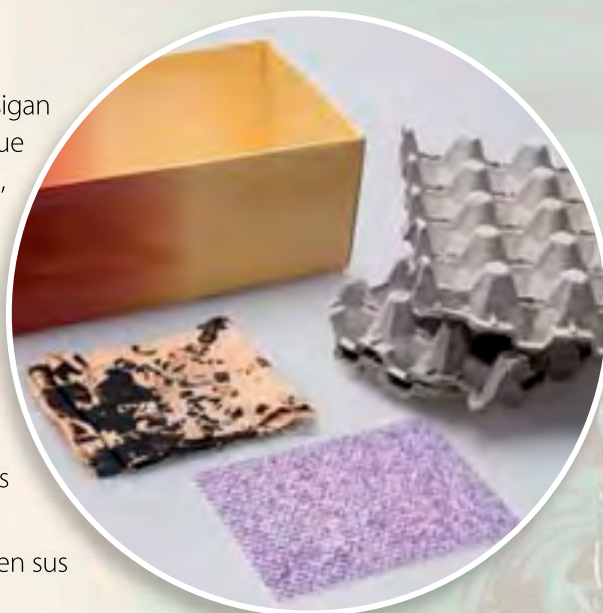


1. **Imagina** que estás en una habitación vacía y luego pasas de esta a otra habitación completamente amoblada. ¿En cuál de esos ambientes será más fácil escuchar reverberación de sonidos? **Explica** tu respuesta.
2. Estás a cargo de la construcción de una sala de cine en un espacio muy amplio, con muy pocas butacas. Te das cuenta de que las paredes son de ladrillo sin recubrir. **Plantea** una hipótesis para **explicar** cómo será la acústica en ese lugar. Además, elige qué materiales cambiarías para evitar la reverberación en la sala.

### Minitaller científico 3

Junto con 3 compañeros, representarán salas acústicas. Consigan 4 cajas de zapatos de tamaño similar y distintos materiales que absorban el sonido: bandejas de huevos, trozos de alfombra, tela gruesa, etc. A continuación, sigan estos pasos:

1. Forren cada caja de zapatos por dentro con distintos materiales.
2. Pongan dentro de la caja de zapatos una fuente sonora. Puede ser una radio a pilas pequeña o un reloj despertador.
3. Repitan el mismo procedimiento anterior con las distintas cajas ocupando en todas el mismo sonido.
4. Identifiquen qué material absorbe más el sonido. Registren sus resultados en la siguiente tabla:



Material	Descripción de la intensidad del sonido

A continuación, respondan estas preguntas:

- a. Si estuvieran encargados de construir una sala de ensayo para una banda de rock, ¿cuál de los materiales que usaron les ayudaría a disminuir la reverberación?
- b. Averigüen el tipo de material que se utiliza en las salas de ensayo profesionales y compárenlo con los que usaron en esta actividad. Luego establezcan si son similares en función de la absorción de las ondas sonoras.

## Rapidez del sonido

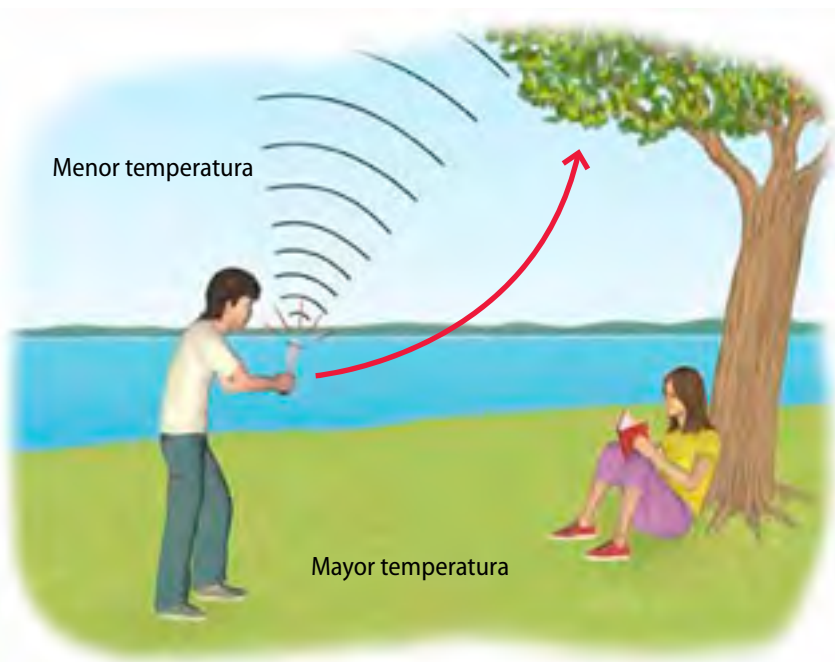
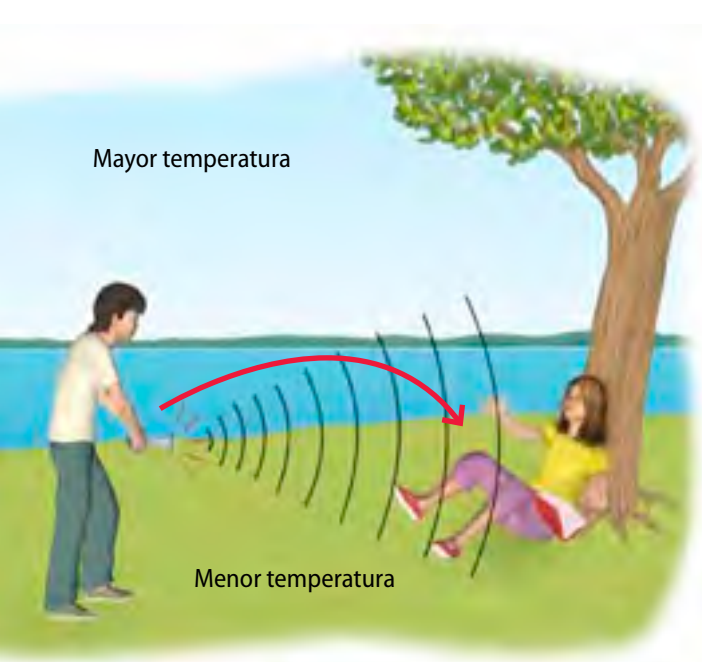
Como viste, el sonido se transmite de forma diferente en medios distintos. Así, un sonido lo percibes más rápido cuando viaja por un medio sólido, como el muro, en comparación con un gas, como el aire.

La siguiente tabla resume la velocidad del sonido para diferentes materiales:

Gases	v (m/s)	Líquidos a 25 °C	v (m/s)	Sólidos	v (m/s)
Aire (0 °C)	331	Agua	1 490	Hierro	5 130
Aire (100 °C)	386	Agua de mar	1 530	Aluminio	5 100
				Madera	4 500

## Refracción del sonido

La **refracción** corresponde a la curvatura de las ondas sonoras cuando **pasan de un medio a otro**. Esto altera su rapidez de propagación debido a las diferencias que existen en la densidad, temperatura y elasticidad de los medios involucrados.



Durante los días fríos, el aire en la capa cercana a la superficie terrestre se encuentra a menor temperatura. Esto hace que las partículas se encuentren más juntas, lo que aumenta su densidad. Debido a esto, las ondas de sonido se propagan a menor velocidad en la zona de menor altura.

En un día caluroso ocurre lo contrario, pues la onda de sonido se desviará hacia arriba dificultando su percepción a nivel del suelo.

### Actividad 13



1. **Explica** por qué durante la noche es posible escuchar mejor que en el día sonidos, como el ladrido de los perros que se encuentran a gran distancia. Luego **esquematiza** la situación, indicando hacia dónde se desviarían las ondas sonoras, dependiendo de la temperatura del aire.
2. Con respecto a la imagen de la sala de cine:
  - a. **Describe** lo que ocurre con el sonido que llega a la parte superior del recinto.
  - b. **Infiere** si las personas sentadas en primera fila escucharán de la misma forma que aquellas sentadas en la parte más alta de la sala.

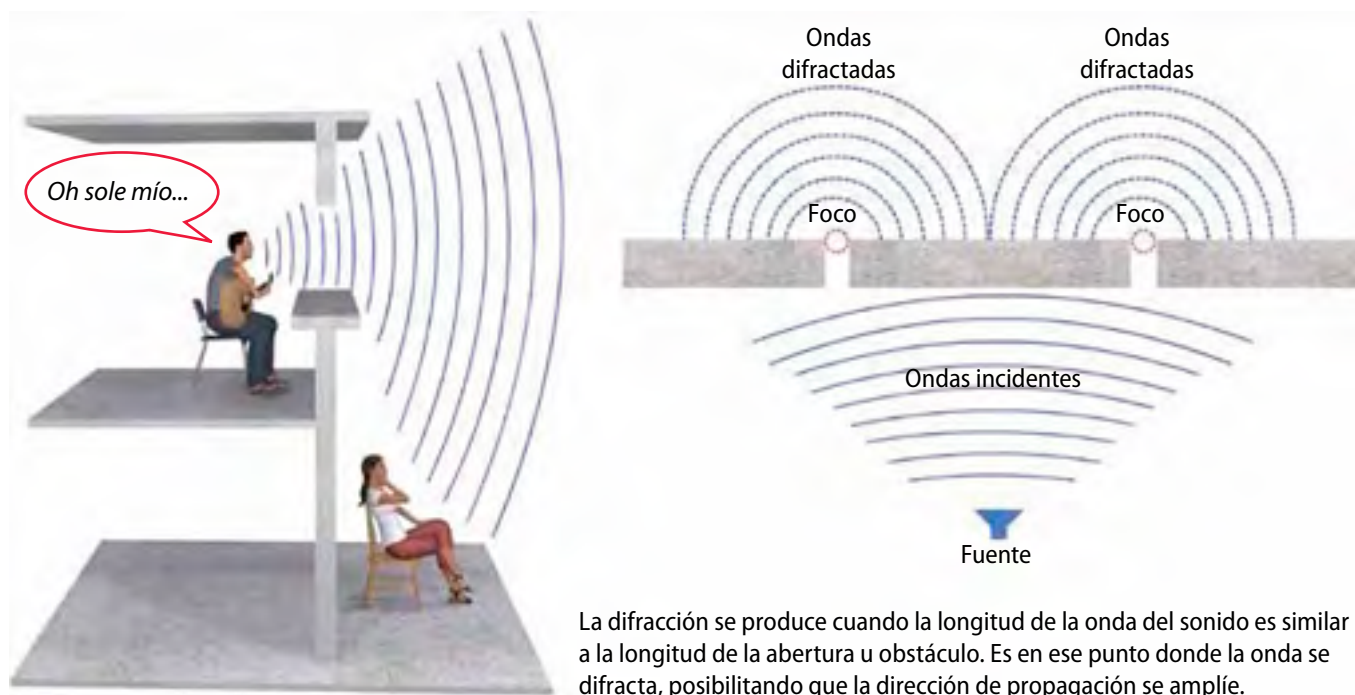




## Difracción del sonido

¿Cómo podrías explicar que, cuando una persona te habla desde otra habitación, puedas escucharla, a pesar de que no la ves? ¿Qué ocurre con las ondas sonoras en este caso?

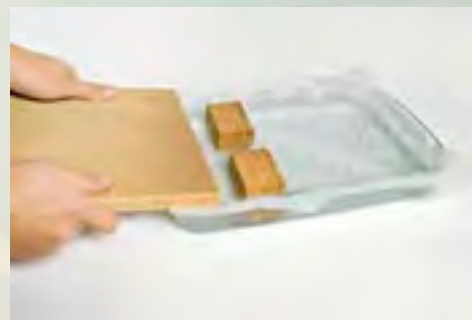
Como ves en la imagen, cuando las ondas sonoras encuentran un espacio en un obstáculo, se propagan **curvándose** para pasar a través de dicho espacio. Este fenómeno se conoce como **difracción**, y te permite escuchar lo que tus compañeros conversan en los pasillos, mientras tú estás dentro de la sala de clases.



### Minitaller científico 4

A continuación se propone una forma de representar la difracción de las ondas con materiales simples. Junto con un compañero, consigan un recipiente no muy profundo, agua, dos trozos de madera pequeños del mismo tamaño y un trozo de cholguán. Luego, sigan estos pasos:

1. Coloquen los cubos de madera cerca de una de las orillas del recipiente y luego agreguen el agua.
2. A continuación, golpeen con el trozo de cholguán el borde del recipiente y observen lo que ocurre con las ondas.
3. Anoten lo que ocurre. También dibujen la forma de las ondas antes y después de que pasan por el espacio que queda entre los cubos de madera.
  - a. Expliquen lo observado utilizando el concepto de difracción.
  - b. Consigan otro cubo de madera del mismo tamaño de los que usaron y repitan el procedimiento. Dibujen la formación de ondas en el agua luego de que pasan los obstáculos.

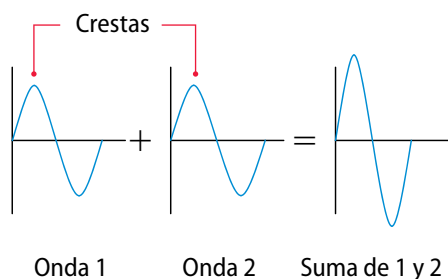




## Interferencia

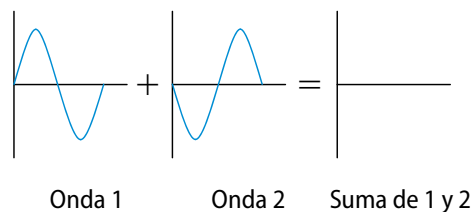
Piensa en la música que se escucha en un concierto. Quizás resulte difícil distinguir el sonido de cada instrumento por separado. Lo mismo pasa si cierras los ojos durante el recreo e intentas identificar la voz de un compañero determinado. La interferencia es el efecto que se produce cuando dos o más ondas se **superponen** o **entrecruzan**. Cuando las ondas interfieren entre sí, la amplitud (intensidad o tamaño) de la onda resultante depende de las frecuencias o fases relativas, es decir, de las posiciones relativas de crestas y valles, como también de las amplitudes de las ondas iniciales.

Este fenómeno puede originar una **intensificación** o **debilitamiento** de la onda resultante, respecto de las ondas componentes. Si las ondas tienen la misma frecuencia y amplitud, existen dos situaciones extremas de interferencia: **constructiva** y **destructiva**. A continuación se describen sus características.



Cuando en determinado instante, en el mismo punto del medio, se encuentran dos crestas o dos valles de dos ondas, la amplitud del pulso se incrementa, de tal manera que este aumento es igual a la suma de las amplitudes de cada onda; este tipo de interferencia se denomina **interferencia constructiva**.

Por otra parte, si se encuentra una cresta con un valle, el medio parece no presentar vibración, ya que la parte alta de la onda, al superponerse con la parte baja, produce una neutralización respecto a las amplitudes de cada una. Este tipo de interferencia se llama **interferencia destructiva**.



### Actividad 14



**Observa** atentamente los diagramas y responde la pregunta.



Si las letras C y D fueran personas que están en la calle escuchando el sonido de las bocinas A y B, ¿cuál de ellas escuchará su sonido amplificado? **Describe** en qué te basaste para llegar a la respuesta.

## Resonancia acústica

Si quisieras que una persona adquiriera mayor impulso cuando se columpia, tendrías que empujarla en un momento determinado, y en concordancia con su oscilación. Si este ejemplo lo trasladas a las ondas sonoras, este “empujón” debe tener la misma frecuencia que la frecuencia de la oscilación.

Cada objeto tiene sus propias frecuencias de vibración, llamadas **frecuencias naturales de vibración**. Cuando una perturbación produce en un cuerpo la máxima amplitud en su vibración, se dice que este entra en **resonancia** y todos sus componentes vibran a dicha frecuencia. Por ejemplo, cuando pasa un camión por la calle, puede originar vibraciones en una placa de vidrio de una ventana. Si la frecuencia de vibración coincide con la del vidrio, esta entra en resonancia. Sin embargo, si colocas tus manos sobre el vidrio mientras pasa el camión, cambia la frecuencia natural de la placa del vidrio y desaparece la resonancia. Si el cristal fuese muy delgado, y la amplitud de las vibraciones fuera muy alta, este podría llegar a quebrarse.



Las cajas de resonancia que poseen algunos instrumentos como la guitarra y el violín amplifican su sonido según el principio de resonancia.

### Para saber

En 1940, el puente Tacoma Narrows de Washington, en Estados Unidos, se desplomó producto del fenómeno de resonancia. El fuerte viento produjo una fuerza resultante cuyas fluctuaciones entraron en resonancia con la frecuencia natural de la estructura, provocando el aumento continuo en la amplitud, lo que finalmente terminó por destruir el puente.

### Minitaller científico 5

Con esta actividad podrás observar directamente el fenómeno de resonancia. Consigue 3 metros de pitilla, una regla, seis tuercas del mismo tamaño y una tijera. Luego, sigue estas instrucciones:

1. Corta seis trozos de pitilla: dos de ellos deben medir 10 cm de largo, otros dos deben medir 20 cm y los últimos, 30 cm. También debes cortar 1 metro de pitilla para que funcione como soporte.
2. A continuación, amarra una tuerca a cada pitilla por uno de sus extremos para que simulen pequeños péndulos.
3. Fija el trozo largo de cinta a dos superficies. Luego, amarra cada uno de los péndulos a ella.
4. Finalmente, toma uno de los péndulos y suéltalo. Espera algunos minutos y observa lo que ocurre.
  - a. ¿Qué observas en el vaivén de los péndulos, transcurridos algunos minutos?
  - b. ¿Todos comienzan a oscilar con la misma frecuencia? ¿A qué se debe esto?
  - c. Relaciona lo que acabas de realizar con la resonancia y la frecuencia natural de vibración de cada péndulo.



## Efecto Doppler

### Recuerda **que**

Al aumentar la frecuencia, el sonido se agudiza y el intervalo de tiempo (periodo) entre las ondas que percibe el receptor es cada vez menor.

¿Has oído pasar una ambulancia a toda velocidad haciendo sonar su sirena? ¿Qué ocurre con el sonido de la sirena cuando se aproxima hacia dónde estás y cuando se aleja? ¿Cómo percibe el sonido el conductor de la ambulancia?



Cuando una fuente sonora está en reposo, las ondas emitidas se propagan de modo similar a una onda sobre el agua.

Si pudiésemos observar los frentes de onda, veríamos varios círculos concéntricos que se propagan desde la fuente sonora con una velocidad ( $v$ ), longitud de onda ( $\lambda$ ) y un tono característico, dadas por su frecuencia ( $f$ ).

¿Qué ocurre con las ondas emitidas por la fuente sonora, si esta comienza a moverse? Observa la ilustración y piensa qué sucederá con la longitud de onda y su frecuencia.



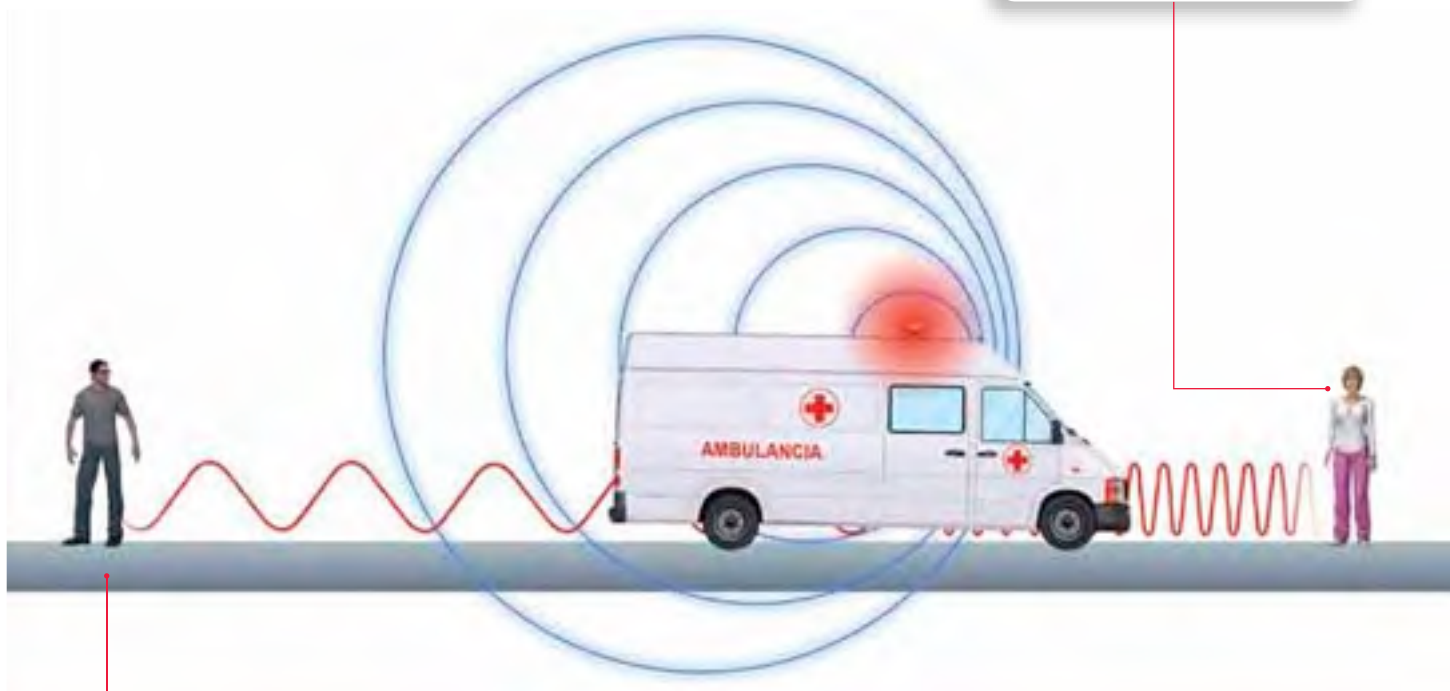
### Conexión con... Tránsito

Los radares que usan los carabineros para detectar la velocidad de los vehículos son aparatos que emiten ondas de radio con cierta frecuencia. Cuando un vehículo se acerca, le disparan las ondas de radio. Estas se reflejan contra el vehículo y se convierte ahora en la nueva fuente emisora de ondas. La señal reflejada la recibe un sensor y por medio de las aplicaciones sucesivas del efecto Doppler, el computador calcula la velocidad del vehículo, lo que determina si esta excede o no el límite permitido.



¿Cómo escuchará el sonido de la sirena de la ambulancia un receptor que se encuentra quieto?

Si el observador está en reposo y la fuente sonora se acerca a él, el sonido se percibe con una mayor frecuencia que la emitida (tono más agudo).



Si el observador se encuentra en reposo y la fuente sonora se aleja de él, el sonido se percibe con una menor frecuencia (tono más grave).

El **efecto Doppler** corresponde al cambio en la percepción de la frecuencia que detectamos de una onda debido al movimiento de su fuente, del receptor o de ambos. El observador percibe la onda emitida por la fuente con una frecuencia diferente a la generada. Este fenómeno lleva el nombre de su descubridor, el físico y matemático austriaco Christian Doppler.

### Actividad 15



De acuerdo con lo que sabes acerca del efecto Doppler **infiere** lo que ocurriría si tanto tú como la fuente sonora se movieran en la misma dirección y sentido, y con la misma rapidez. ¿Podrías apreciar este efecto?

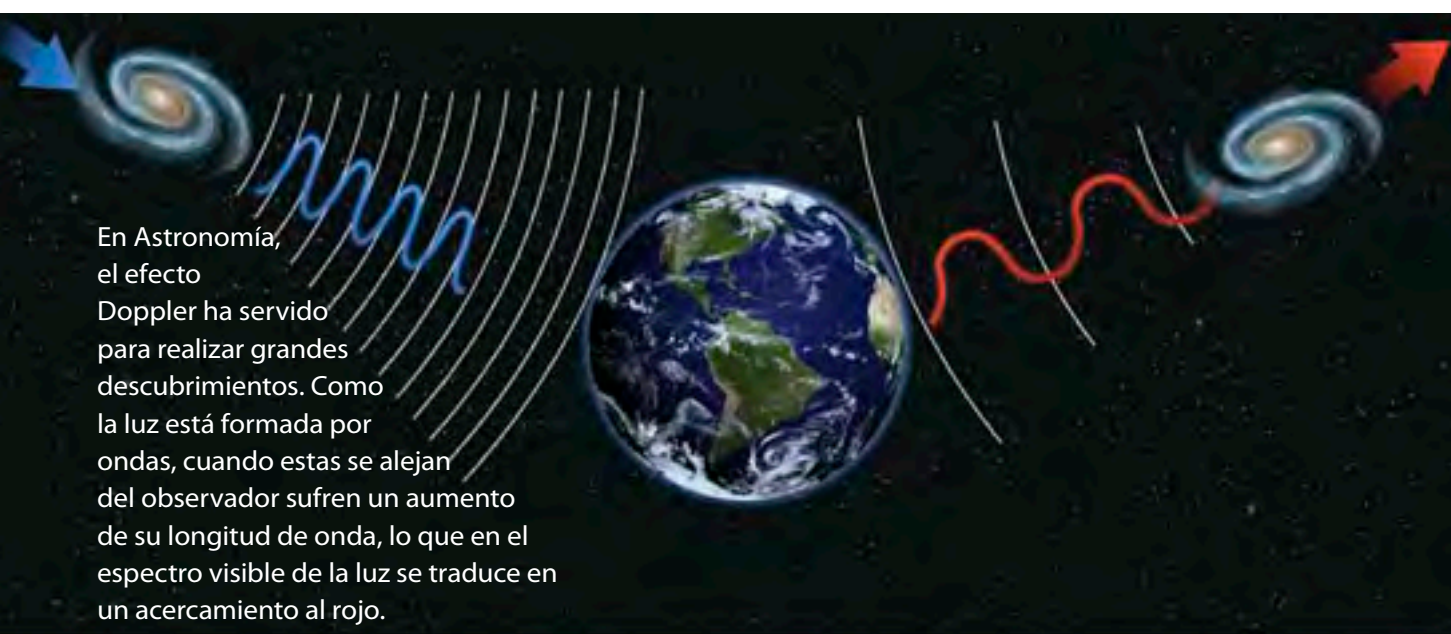
### Trabaja con TIC



Ingresa al sitio <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/fisica/ondas/doppler.swf>

Allí encontrarás una simulación del efecto Doppler. Mueve al personaje para que evidencias las diferencias del sonido en cada caso.





## ACTIVIDADES DE cierre

Luego de estudiar esta lección, realiza las siguientes actividades:

- Un andinista grita frente a una montaña y 2 s después escucha el sonido de su voz.
  - Identifica** cuál es el fenómeno físico que se ha producido.
  - Determina** a qué distancia se encuentra de la montaña.
  - Si el alpinista emitiera el mismo grito en un día caluroso, ¿demoraría más o menos tiempo en escuchar el sonido reflejado? **Infiere** y **explica** tu respuesta.
- El sonar de un barco pesquero registra el eco de su señal 0,9 s después de que la ha emitido y rebotado en un banco de peces (rapidez del sonido en el agua = 1 500 m/s).
  - Calcula** a qué distancia se encuentra el banco de peces.
  - Identifica** cuál es el fenómeno físico en el que se basa el sonar.
- Describe** por qué cambia la percepción del sonido en una habitación vacía respecto de la misma habitación amoblada.

## Plantear inferencias

Observar el entorno puede llevar a las personas a interpretar fenómenos e intentar explicarlos. Una **inferencia** es justamente la **interpretación o explicación de un hecho** en base a lo que conocemos al respecto. Las inferencias generalmente se establecen en relación con hechos que ya sucedieron, más que con hechos que están por suceder.

Por ejemplo, si consideras lo que has aprendido sobre las características de las ondas sonoras y en tu escuela escucharas el sonido que origina la quebrazón de un vidrio, podrías inferir que:

- Las ondas sonoras se difractaron y atravesaron algún obstáculo o abertura, lo que permitió que llegaran hasta tus oídos.
- El material con que está construida la habitación donde se quebró el vidrio es poco absorbente, lo que originó que el sonido se reflejara.

Cuando se elaboran inferencias, se interpreta un hecho, es decir, se extrae información a partir de lo que se sabe, pero no se tiene certeza que la explicación sea la correcta.

En ciencias es importante contrastar las inferencias con los datos reales para poder validarla.

### ¿Qué pasos debes seguir para elaborar buenas inferencias?

1. Identifica una situación que quieras explicar.
2. Obsérvala y analízala.
3. Intenta explicarla elaborando proposiciones sobre la base de lo que conoces.
4. Evita elaborar explicaciones que, a su vez, requieran de otras inferencias.

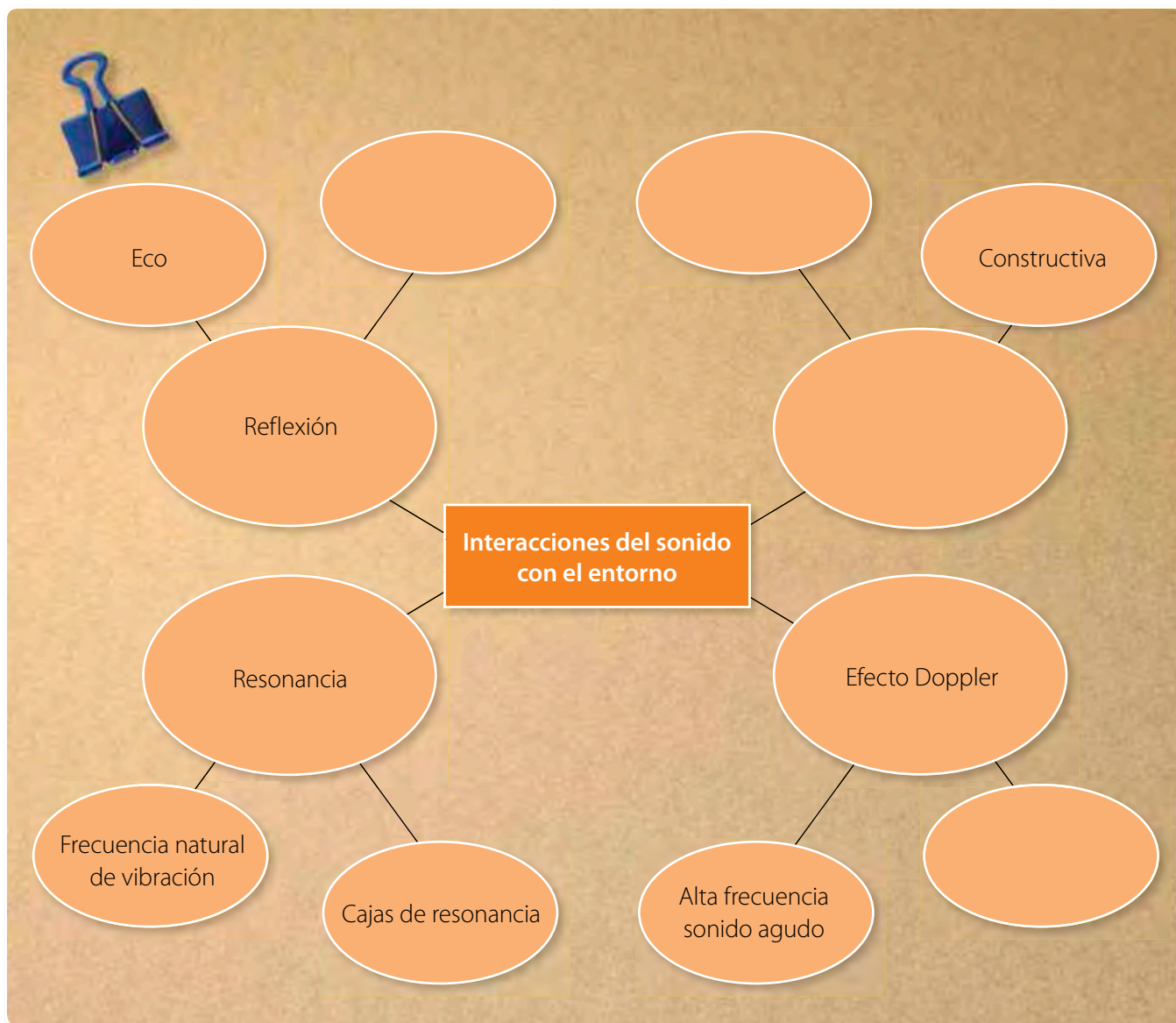
## Ahora tú

**Elabora tres inferencias para cada una de las siguientes situaciones:**

1. Cuando sales de tu casa hacia el colegio, ves que el pasto del vecino está mojado.
2. Un compañero de curso te cuenta que todas las tardes el ascensor de su edificio huele a comida.
3. La hermana de una de tus amigas se resfría con mucha frecuencia.

## Organizando lo aprendido

1. Observa el siguiente mapa de ideas. En este organizador gráfico se muestran algunos conceptos relacionados con lo que aprendiste en la *Lección 4*. Complétalo con las palabras que faltan.



2. Elabora un nuevo organizador, basándote en este ejemplo. Utiliza los conceptos centrales de la *Lección 3*: *¿Cómo escuchas?*

## Actividades

1. Los perros, los murciélagos y los delfines detectan señales de ultrasonido con frecuencias cercanas a los 50 000 Hz, 100 000 Hz y 150 000 Hz, respectivamente. Calcula la longitud de onda de la señal que percibe cada animal.

2. Identifica cuál de las siguientes situaciones es nociva para el oído de una persona si se expone a ella durante un tiempo prolongado.

**Escuchar radio a volumen medio**

**Pararse en una calle con mucho tráfico durante 5 horas**

**Aspiradora a 3 metros**

**Tráfico denso durante todo el día**

**Perforadora a 3 metros**

**Amplificadores en un concierto**

3. Con respecto al oído y su estructura, responde estas preguntas:
- Describe cómo se transmite un sonido desde la membrana del tímpano hasta el órgano de Corti del oído.
  - Identifica la estructura encargada de transmitir la señal auditiva hasta el cerebro.
  - Reconoce dos estructuras del oído que se deterioran por la exposición prolongada a sonidos intensos.
4. Un excursionista grita frente a un precipicio de 680 m de profundidad.
- ¿Cuánto tiempo tarda en escuchar el eco?
  - ¿A qué distancia debería estar para no escucharlo?
5. Daniela estudia las ondas sonoras. Para esto ubica un parlante que emite sonidos de 200 Hz frente a una muralla y ella se ubica entre ambos. A continuación, responde estas preguntas:
- Explica qué ocurre con el aire que está entre Daniela y el parlante.
  - ¿Por qué Daniela percibe el sonido en ambos oídos?
  - ¿Qué fenómenos de interacción entre el sonido y el medio podrían explicar lo que realizó Daniela?







Lección 1

## ¿Qué es una onda?

Un **movimiento oscilatorio** es todo aquel movimiento de vaivén respecto de una posición de equilibrio, en el que las partículas “van y vienen” siguiendo la misma trayectoria, pero cambiando periódicamente el sentido de su velocidad.

Una **onda** es una perturbación que se propaga en el espacio, transportando energía en su desplazamiento. Una fuente de ondas es todo dispositivo capaz de generar un movimiento ondulatorio.

Las ondas se clasifican de acuerdo con varios criterios. Dependiendo del movimiento de sus partículas, en términos de la dirección de propagación de la onda se reconocen **ondas transversales** y **longitudinales**. Según el medio por el cual pueden propagarse, existen **ondas mecánicas** y **electromagnéticas**, y dependiendo de las dimensiones de la propagación se identifican **ondas unidimensionales**, **bidimensionales** y **tridimensionales**.

Las magnitudes básicas de toda onda son: longitud de onda, periodo, frecuencia y rapidez de propagación.



Lección 2

## ¿Cómo se origina el sonido?

El sonido se origina por la perturbación de algún medio material.

En el caso de los instrumentos, el sonido se origina cuando se saca de la posición de equilibrio membranas (instrumentos de percusión), cuerdas (instrumentos de cuerda, columnas de aire (instrumentos de viento), etc.

De acuerdo con la forma en que vibran los medios, se dice que un sonido tiene características de **altura**, **intensidad** y **timbre**.

- La altura se relaciona con la frecuencia de la onda. Si el sonido es agudo (alto), tendrá una mayor frecuencia que si es grave (bajo).
- La intensidad, llamada comúnmente volumen del sonido, se relaciona con la amplitud de oscilación de la onda, que tiene que ver con la energía que transporta.
- El timbre corresponde al sonido característico de cada fuente sonora y depende de la suma de la frecuencia fundamental más sus armónicos, considerando también los materiales de la fuente sonora y su estructura.



### Lección 3

## ¿Cómo escuchas?

El nivel de intensidad sonora se mide en decibeles (dB). El nivel mínimo se llama **umbral de audición**, que corresponde a **0 dB**. El nivel máximo, que es de 120 dB, se denomina **umbral de dolor**.

Los sonidos se ordenan en el **espectro auditivo** según su tono (frecuencia). El ser humano posee un umbral auditivo. Esto quiere decir que puede oír solo ciertas frecuencias de sonidos (entre 20 y 20 000 Hz). Las frecuencias bajo los 20 Hz (**infrasonidos**) y sobre los 20 000 Hz (**ultrasonidos**) son captados por algunos animales y utilizados por ellos como sistemas de comunicación.

El **oído** te permite captar vibraciones provenientes de las ondas mecánicas, transformándolas en impulsos eléctricos que son interpretados en el cerebro. Se divide en oído externo, oído medio y oído interno.

La **contaminación acústica** es el resultado de la combinación de ruidos o sonidos molestos. La exposición continua a estos sonidos o ruidos muy intensos, a muy alto volumen, provoca disminución de la capacidad auditiva.

Imitando, por ejemplo, a los murciélagos y su sistema de ecolocalización, se han creado sistemas como el **sonar** y el **ecógrafo**, que son **aparatos tecnológicos** que emiten ondas de ultrasonido.

### Lección 4

## ¿Cuáles son los fenómenos acústicos?

La interacción del sonido con la materia depende de las características del medio de propagación y de las del entorno. Así, se pueden observar fenómenos de **reflexión**, **refracción** y **absorción**.

La **reflexión** se produce cuando las ondas sonoras llegan hasta un elemento que se opone a su propagación y se reflejan, cambiando de dirección o de sentido. El eco es un caso particular de reflexión.

Cuando una onda de sonido incide sobre una superficie, parte de ella se refleja y el resto es **absorbido** por el material. Las esponjas, alfombras y cortinas son buenos **aislantes acústicos** porque absorben gran parte del sonido.

La **refracción** del sonido ocurre cuando las ondas pasan de un medio a otro, lo que altera su rapidez de propagación debido a las diferencias de densidad, temperatura y elasticidad de los medios involucrados.

Cuando una onda sonora encuentra un obstáculo o un orificio a través de dos barreras, esta se propaga **curvándose** para bordear el obstáculo o pasar a través del orificio. A este fenómeno se le conoce como **difracción**.

La **interferencia** corresponde a la superposición de las ondas sonoras, lo que puede originar una intensificación o debilitamiento de la onda resultante, respecto de las ondas originales.

Cuando una perturbación produce la máxima amplitud de la vibración en un cuerpo, se dice que este entra en **resonancia**, y todos sus componentes vibran a dicha frecuencia.

El **efecto Doppler** corresponde al cambio en la percepción del tono de un sonido debido al movimiento de su fuente, del receptor, o de ambos.

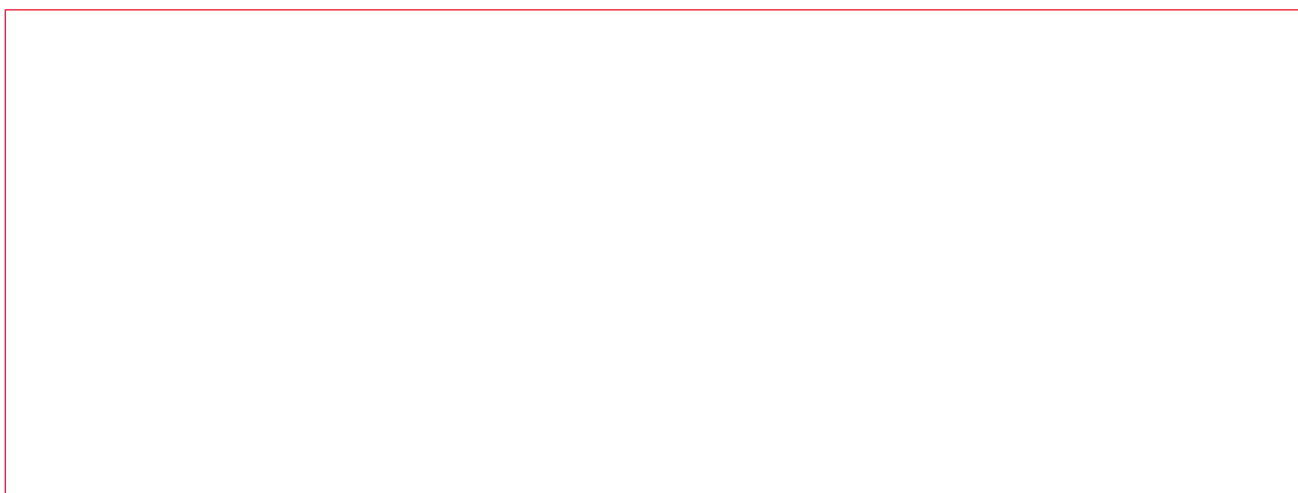
### Bibliografía y links sugeridos

- Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México: Pearson educación.
- [http://www.wikisaber.es/Contenidos/LObjects/sound\\_vibrations/index.html](http://www.wikisaber.es/Contenidos/LObjects/sound_vibrations/index.html)
- <http://mariajesuscamino.com/cuadernia/El-Sonido/>
- <http://mariajesuscamino.com/cuadernia/Audios-Instrumentos/>

Utiliza lo que aprendiste en esta unidad para desarrollar las siguientes actividades. Si no estás seguro de cómo hacerlo, revisa nuevamente tu libro.

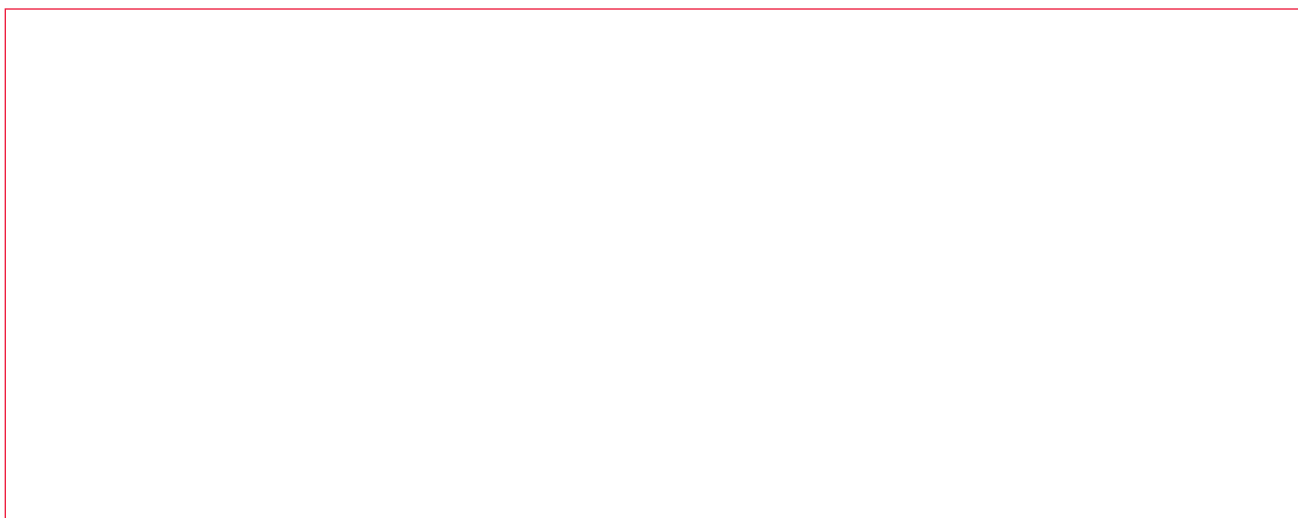
### Recordar-comprender

1. Establece la diferencia entre los siguientes pares de términos (6 puntos):
  - a. Oscilación y movimiento periódico.
  - b. Onda mecánica y electromagnética.
  - c. Frecuencia y periodo.
2. Dibuja una onda transversal, con tres oscilaciones completas. Luego, identifica una cresta y un valle. Marca lo que corresponde a la amplitud y a la longitud de la onda (6 puntos)



3. Lee el siguiente párrafo y luego representa su información con esquemas (4 puntos).

*Cuando las ondas sonoras se encuentran con un obstáculo, chocan y regresan propagándose por el mismo medio. Otras veces una parte de la onda se devuelve y la otra parte es absorbida por el material.*



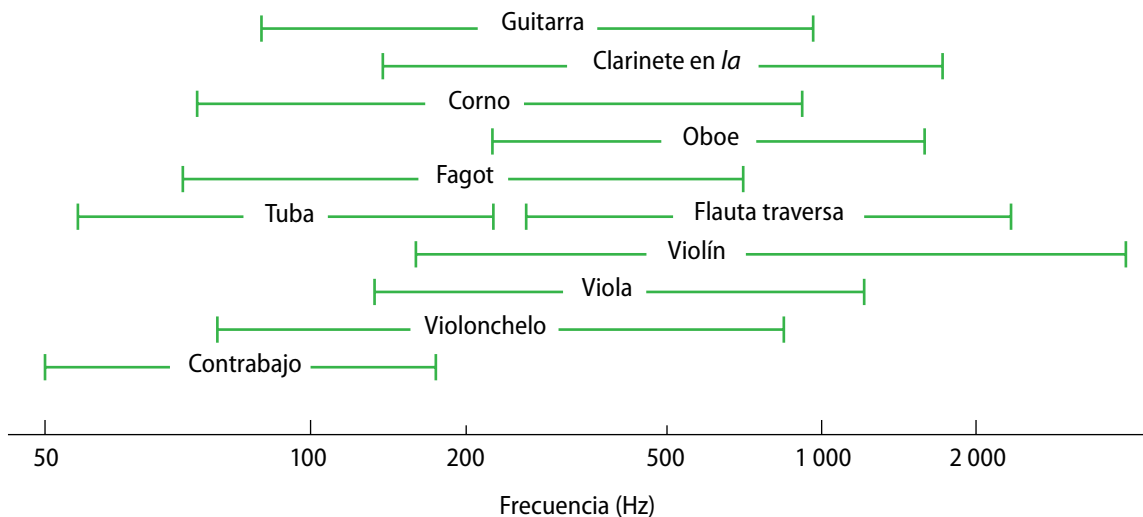
Analizar

4. ¿Cómo explicarías que, al chocar con una misma superficie y con la misma fuerza, distintos cuerpos emitan sonidos diferentes? (4 puntos)
5. Analiza la tabla que se presenta a continuación. Luego, responde las preguntas. (3 puntos)

**Velocidad del sonido en diferentes medios**

Medio	Rapidez del sonido (m/s)
Aire	340
Plomo	1 200
Agua	1 480
Cobre	3 900
Madera	5 500
Hierro	5 800

- a. ¿En cuál sustancia la velocidad del sonido es mayor?
  - b. ¿Por qué escuchamos mejor el sonido en un elemento metálico y no en el aire?
  - c. ¿En qué elementos o sustancias la velocidad del sonido es menor que en el agua?
6. Observa el esquema del espectro acústico de algunos instrumentos musicales y luego responde las preguntas (6 puntos):



- a. ¿Cuál es el instrumento con menor rango de frecuencias?, ¿cuál tiene el mayor rango?
- b. Nombra los dos instrumentos que emiten los sonidos con los tonos más agudos y dos con los tonos más graves.
- c. Si el violín, la flauta y el oboe son capaces de emitir la nota la con la misma frecuencia (440 Hz), ¿en qué se diferencian sus sonidos?



## Aplicar

7. Escribe cuatro ejemplos de trabajadores que deben extremar las medidas de protección para evitar los problemas derivados de la contaminación acústica. (4 puntos)
8. En el siglo XIX, la gente ponía su oído sobre los rieles del ferrocarril para saber si venía algún tren. Durante la década de los ochenta circuló un comercial que imitaba este hecho: un indio se agachaba, ponía su oreja en el pavimento y decía: *Si camino no hablar, nadie venir*.



- a. Explica qué relación tiene lo que leíste con la propagación del sonido (2 puntos).
- b. ¿Por qué crees que el indio preferirá detectar si algo se acerca escuchando el suelo, en vez de solo esperar que las ondas sonoras se propaguen por el aire? (2 puntos)
9. Cuando el oído se expone a un ruido muy intenso, se contraen dos grupos de músculos; uno de ellos limita la capacidad de vibrar del martillo y el otro aleja al estribo de la ventana oval. Este proceso tarda 50 milisegundos, por lo que antes de este tiempo no se puede proteger al oído contra cambios violentos de volumen. Los sonidos de muy alta frecuencia causan pérdida de la sensibilidad auditiva porque dañan las células del oído interno, las cuales no se regeneran.
- a. Infiere por qué, en este caso, una persona podría perder la capacidad auditiva. (3 puntos)
- b. Diseña una campaña que haga tomar conciencia a las personas de tu colegio de evitar o disminuir el ruido, con el fin de prevenir un deterioro gradual de la pérdida de la sensibilidad auditiva. (3 puntos)



## Me evalúo

Calcula el puntaje que obtuviste en las actividades.

Objetivo de aprendizaje	Preguntas	Puntaje	Te proponemos que...
Identificar y analizar los elementos y la clasificación de las ondas.	1, 2	____/12	Si obtuviste entre 0 y 7 puntos, realiza la actividad 1. Si tu rango está entre 8 y 10 puntos, realiza la actividad 2. Si obtuviste más de 11 puntos, realiza la actividad 9 de la página 70.
Comprender el origen vibratorio del sonido e identificar sus propiedades básicas: tono, intensidad y timbre, aplicadas a diferentes instrumentos musicales.	4, 6	____/10	Si obtuviste entre 0 y 5 puntos, realiza la actividad 3. Si tu rango está entre 6 y 8 puntos, realiza la actividad 4. Si obtuviste más de 9 puntos, realiza la actividad 10 de la página 70.
Describir el espectro sonoro e identificar los rangos de audición en el ser humano y en otros animales.	7, 9	____/10	Si obtuviste entre 0 y 5 puntos, realiza la actividad 5. Si tu rango está entre 6 y 8 puntos, realiza la actividad 6. Si obtuviste más de 9 puntos, realiza la actividad 11 de la página 71.
Identificar y comprender algunas interacciones del sonido con la materia. Analizar el efecto Doppler.	3, 5, 8	____/11	Si obtuviste entre 0 y 6 puntos, realiza la actividad 7. Si tu rango está entre 7 y 9 puntos, realiza la actividad 8. Si obtuviste más de 10 puntos, realiza la actividad 12 de la página 71.

## Actividades complementarias

**Actividad 1:** Clasifica esta onda según los criterios que aprendiste en la Lección 1.



**Actividad 2:** El periodo de una onda que se propaga a 20 m/s es de 1 min. Calcula la frecuencia de la onda y la longitud de onda.

**Actividad 3:** Describe las diferencias entre el tono y el timbre del sonido de un instrumento musical.

**Actividad 4:** Explica cómo se puede diferenciar el sonido de un instrumento musical, utilizando lo que sabes de los armónicos y la frecuencia fundamental de cada instrumento.

**Actividad 5:** Vuelve a leer la pág. 46 y escribe un ejemplo de situación para cada una de las intensidades auditivas propuestas en la tabla.

**Actividad 6:** Describe y compara la ecolocalización que llevan a cabo algunos animales con el funcionamiento del sonar.

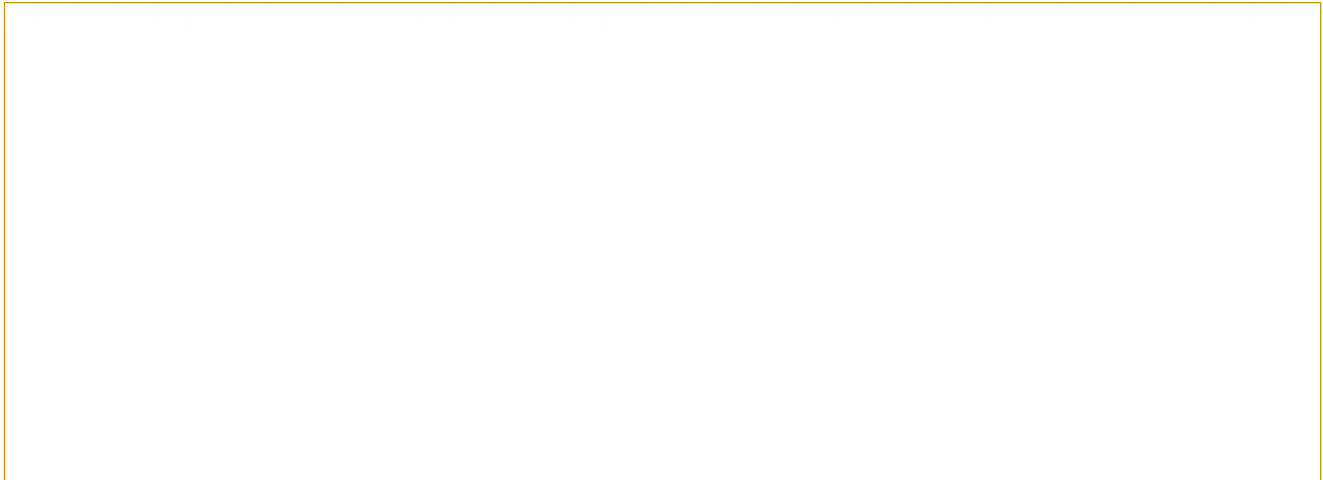
**Actividad 7:** Realiza un cuadro resumen con las principales características de los fenómenos de reflexión, refracción, absorción y difracción del sonido.

**Actividad 8:** Explica cuál es la función de las cajas de resonancia en los instrumentos de cuerda, como la guitarra y el violín.

### Actividad 9

Dibuja dos ondas que cumplan con las siguientes condiciones:

- a. Que tengan la misma amplitud y que una de ellas presente el doble de la longitud de onda que la otra.



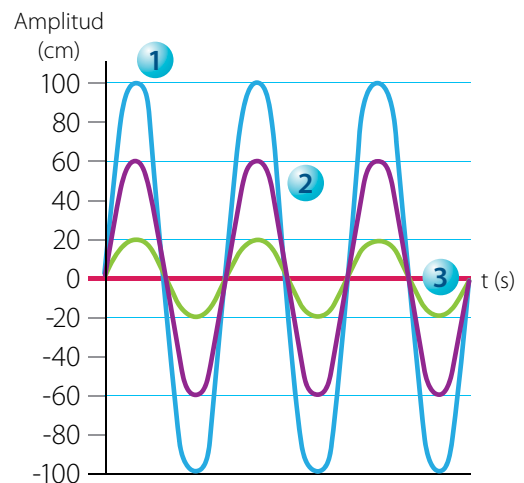
- b. Que tengan la misma longitud de onda y que una de ellas tenga el doble de amplitud que la otra.



### Actividad 10

Analiza el siguiente gráfico. Luego, responde estas preguntas.

- a. Describe las diferencias entre las tres ondas sonoras con respecto a su tono.
- b. Ordena secuencialmente las tres ondas sonoras, desde la que produce el sonido más fuerte hasta la que produce el más débil.



### Actividad 11

La siguiente tabla muestra los niveles máximos permisibles de ruido. Analiza la información y luego responde las preguntas.

Intensidad sonora (dB)	Tiempo máximo de exposición
85	8 horas
90	4 horas
95	2 horas
100	1 hora
105	30 minutos
110	15 minutos
115	7,5 minutos

- Un estudiante suele escuchar música en su reproductor de MP3 camino a la escuela, con una intensidad que percibe como 95 dB. Si se demora 90 minutos solo en el viaje de ida, ¿qué podría ocurrir si mantiene esa rutina en el tiempo?
- ¿Cuál es el nivel máximo de ruido al que se puede exponer constantemente una persona en su trabajo, si su jornada laboral se extiende desde las 8:00 a.m. hasta las 13:00 p.m., de lunes a viernes?
- Un obrero de la construcción que está expuesto a intensidades sonoras superiores a los 90 dB, ¿cuántas horas diarias podría trabajar?

### Actividad 12

- Si un meteorito chocara contra la Luna, ¿se oiría el sonido del impacto en la Tierra? Explica.
- Un grupo de estudiantes se encuentra de excursión por el campo. A lo lejos observan un acantilado. Algunos de ellos gritan en dirección a la muralla de rocas y comprueban que el acantilado produce eco. Explica cómo se puede calcular a qué distancia se encuentra el acantilado.







# ¿Existe la barrera del sonido?



Cuando un avión viaja a gran velocidad, se percibe una fuerte oposición a su avance, pues las ondas apiladas crean perturbaciones de aire en las alas. Durante algún tiempo se creyó que esa velocidad constituía una “barrera del sonido”. Entonces, los fabricantes de aviones se abocaron a mejorar su tecnología y diseño para otorgarles mayor potencia y poder superar ese límite, lo que ahora es muy frecuente. Cuando aquello se logra, se generan ondas de choque en todas las direcciones que transportan gran cantidad de energía, produciéndose un estampido sonoro. En ese momento se dice que se “rompe la barrera del sonido”.

## Música, alivio para el cuerpo

Hace varios años se están investigando los efectos de la música en los seres humanos. Psicológicamente, la música puede evocar y estimular diversas emociones y sentimientos. Es una fuente de placer, puede provocar relaxo y suprimir la sensación de estrés. También puede traer a la memoria olores y colores, y modificar el estado de ánimo de la persona que la escucha.

El uso terapéutico de la música se denomina musicoterapia, y se ocupa del mantenimiento y mejoramiento de la salud, tanto física como mental, a través de la música. Esta práctica es ideal para todas las edades. Su efectividad está probada en niños y adultos con trastornos neurológicos, problemas de aprendizaje, autismo y dificultades de integración. También sirve de apoyo para el tratamiento de adicciones y discapacidades.

Fuente: <http://www.cronica.com.mx/notas/2013/745863.html>



# Daniela Osorio, admiradora del SONIDO

El *foley* es una técnica que consiste en recrear –en sincronización con la imagen– sonidos naturales, cotidianos y propios de personas y objetos, como las pisadas, el abrir y cerrar de una puerta, etc.

Cuando ves una película, gran parte de los sonidos que escuchas no provienen directamente de lo que ocurre en la escena, sino que son recreados en postproducción en un estudio de foley. El objetivo de este trabajo es ofrecer detalles, limpieza, exactitud y calidad en los sonidos de una obra.

Daniela Osorio, ingeniera en sonido chilena, participa en el diseño de trucos de sonido para películas y series. “Recuerdo que había una escena en donde los personajes estaban en la nieve, y yo debía recrear el sonido de sus pasos. Después de muchas pruebas con diferentes objetos y superficies encontré el sonido que necesitaba. Usé unos audífonos antiguos, de esos que tienen esponja en su superficie. La froté sobre una alfombra y logré el sonido perfecto para recrear los pasos en la nieve”.

“Cuando era niña siempre estuve muy interesada por la música, sin embargo sabía que no quería ser músico y cuando escuchaba los temas me llamaban mucho la atención sus efectos. No sabía cómo se llamaban, solo disfrutaba de ellos”.

Para Daniela, en un comienzo no fue fácil abrirse camino en el medio. Sin embargo, demostrando ser una profesional responsable y disciplinada ha llegado a tener el reconocimiento de sus compañeros y superiores.





# 2

# Propiedades y comportamiento de la luz

## Para comenzar

Observa los colores de lo que te rodea y en cuánto te cuesta ver lo que está a tu alrededor en la oscuridad. Debido a los rayos de luz que llegan a la Tierra, provenientes del Sol, podemos observar los elementos del entorno. Sin embargo, ¿qué es la luz? ¿Qué conoces sobre la luz? Observa la imagen y responde estas preguntas:

1. ¿Por qué crees que el arcoíris se forma luego de la lluvia o en lugares donde brilla el Sol y hay gotitas de agua suspendidas en el aire?
2. ¿Piensas que se puede observar un arcoíris en un objeto? ¿Lo has visto? Describe tu experiencia.
3. ¿Crees que la luz permite mejorar la vida de las personas? ¿En qué nos ayuda? Discute tu respuesta con un compañero.



## Me preparo para la unidad

1. Busca en tu casa objetos que permitan ver tu reflejo. Luego, averigua en diversas fuentes qué es un espejo y qué tipos existen.
2. Averigua cómo funcionan los anteojos. Pregúntale a alguien de tu familia o a un amigo que los use, por qué los necesita y cuál es el efecto que produce en su visión.

## En esta unidad aprenderás...

### Lección 1: ¿Qué es la reflexión?

Comprender el fenómeno de reflexión y aplicarlo en espejos planos y curvos.

### Lección 2: ¿Qué es la refracción?

Comprender el fenómeno de refracción en lentes convergentes y en divergentes.

### Lección 3: ¿Cómo ves la luz?

Describir, en términos ópticos, el funcionamiento del ojo humano.

### Lección 4: ¿Qué es la luz?

Identificar la naturaleza de la luz como onda electromagnética y como partícula e investigar el desarrollo histórico de estos descubrimientos.



# Lección 1

## ¿Qué es la reflexión?

### Necesitas saber...

Reflexión de ondas.

### Propósito de la lección

Piensa en lo que sucede cuando estás frente al espejo o cuando estás en la orilla de un charco de agua o en el borde de un lago o de una pileta. Si te acercas y el agua está quieta, ¿podrás mirarte en la superficie? ¿Pasará lo mismo si intentas observarte en una hoja de cuaderno o en este texto? El propósito de esta lección es que conozcas qué es la reflexión de la luz y cómo se aplica en la vida diaria.

### Actividad exploratoria

Consigue cucharas de distinto material: pueden ser de metal, plástico y madera. Límpialas muy bien. Luego, intenta mirarte en cada una de ellas. Cuando lo hayas hecho, responde estas preguntas:

1. ¿En cuál cuchara lograste ver tu rostro?
2. ¿Por qué crees que ocurre esto? Explica.
3. ¿Qué crees que significa el concepto “reflejo” en física? **Descríbelo.** Si no lo haces correctamente, no te preocupes, lo aprenderás en esta lección.



### Reflexión y visión del entorno

La reflexión de la luz es el fenómeno que nos permite observar el entorno. Vemos lo que vemos porque los objetos reflejan una parte de la luz que les llega, la que es captada por nuestros ojos.

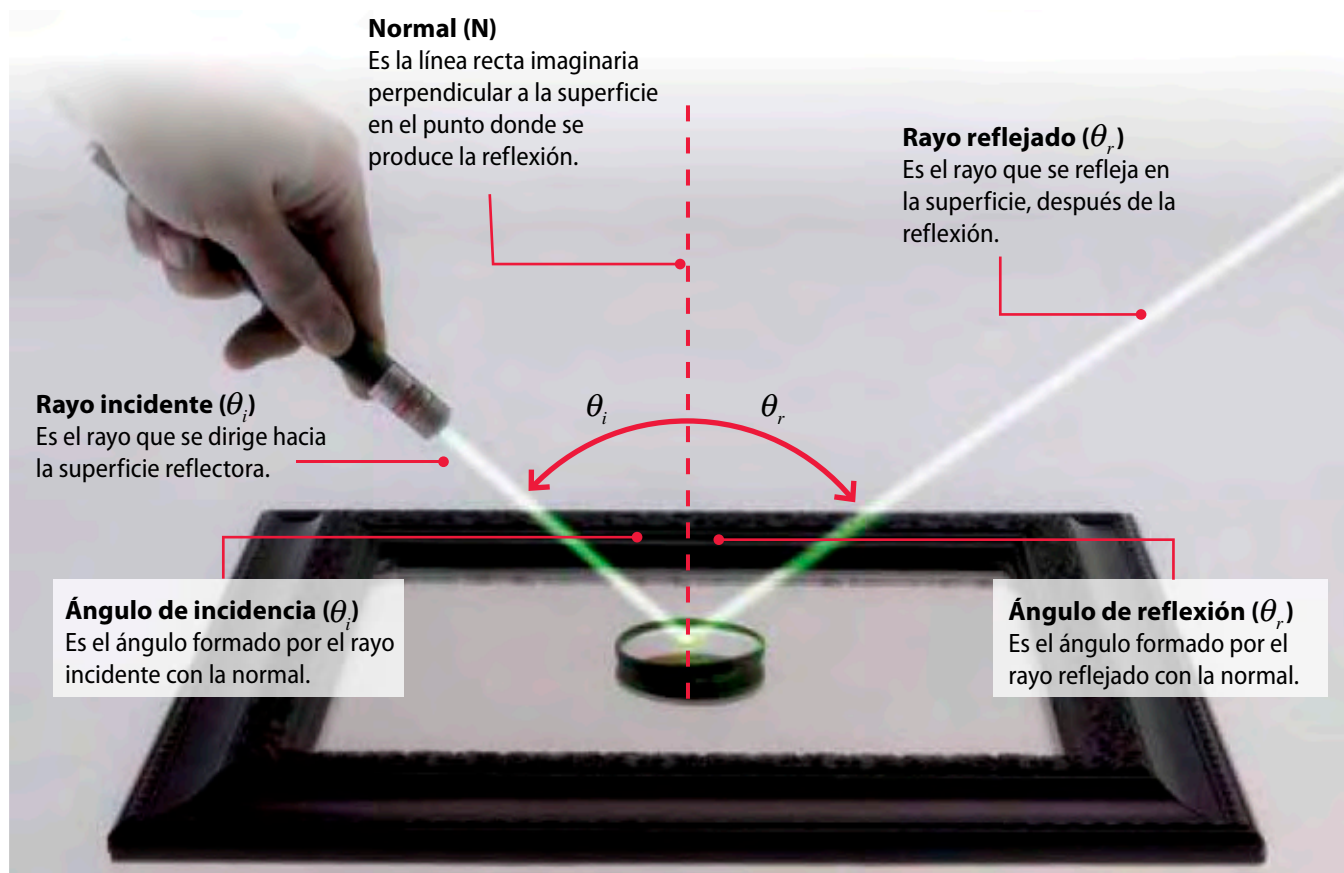
Este fenómeno consiste en el cambio de dirección que experimentan los rayos de luz cuando inciden en un medio material. Así, cuando un haz de luz rebota sobre una superficie, se genera otro haz de iguales características, que conserva la misma velocidad, pero cambia de dirección.

Podemos mirarnos en un espejo debido a que la luz se refleja en su superficie.

## Características de la reflexión

Como observaste en la fotografía anterior, la luz que llega al cuadro se refleja, es decir, incide en su superficie y luego llega hasta nuestros ojos.

Para describir este fenómeno, hay que considerar una serie de elementos que se pueden apreciar en la siguiente imagen:



Cuando un haz de luz se refleja sobre cualquier superficie, presenta un comportamiento regular, y sus características se encuentran determinadas por las **leyes de la reflexión**.

### Primera ley de la reflexión

El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal se encuentran en el mismo plano respecto a la superficie de contacto.

### Segunda ley de la reflexión

El ángulo de incidencia ( $\theta_i$ ) y el ángulo de reflexión ( $\theta_r$ ) respecto de la normal tienen la misma magnitud, es decir, son iguales.

### Actividad 1

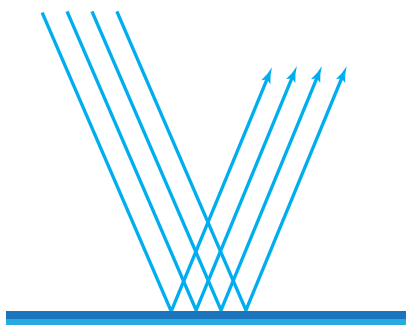


Utilizando los elementos propios de la reflexión, **representa** los rayos y los ángulos correspondientes en una persona que está de pie en un espejo, mirándose los pies.

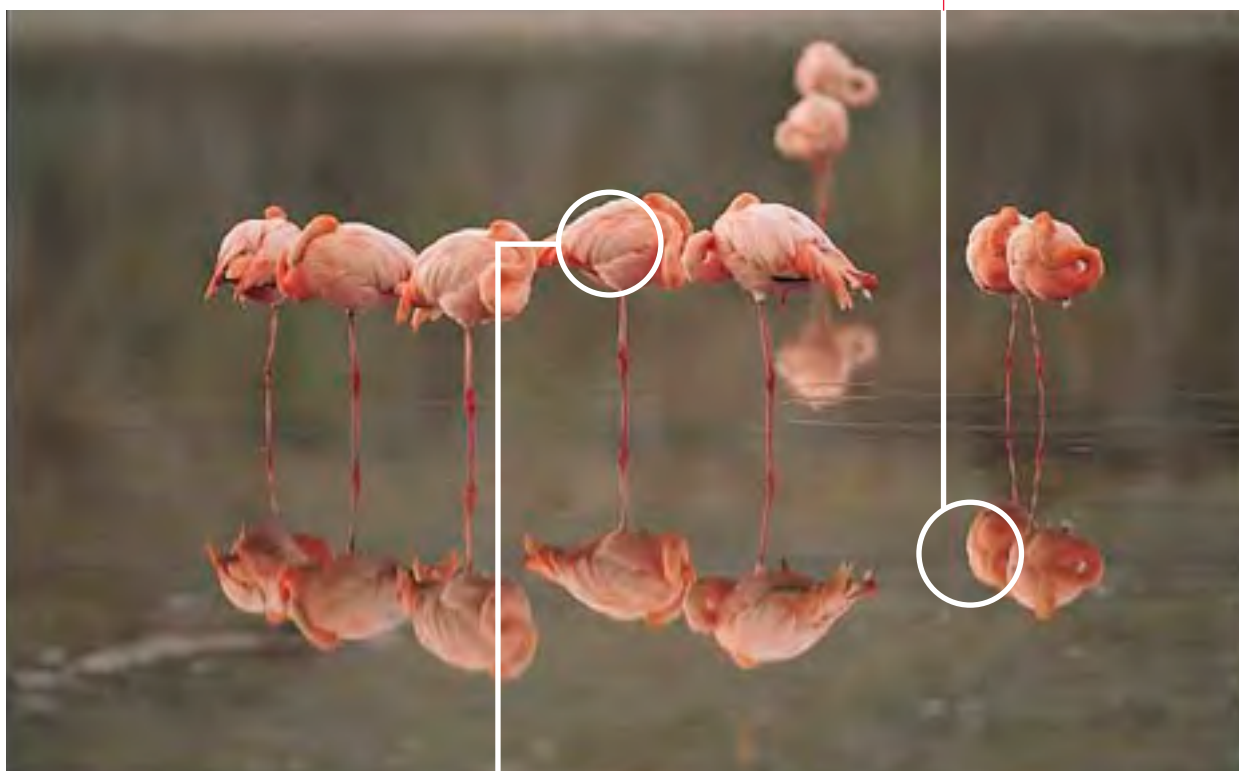
## Tipos de reflexión

Recuerda lo que realizaste en la *Actividad exploratoria*. ¿Cómo podrías explicar que solo veas tu reflejo en algunos tipos de cuchara?

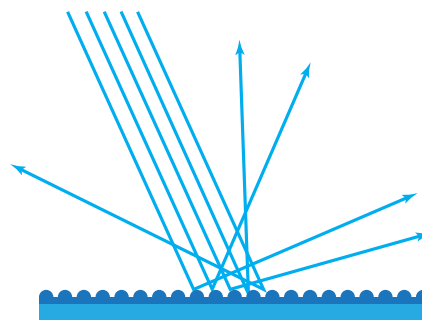
Una superficie puede reflejar la luz de dos formas: mediante **reflexión especular** o **reflexión difusa**.



Cuando un conjunto de rayos de luz paralelos inciden sobre una superficie lisa y plana, estos se reflejan, pero siguen siendo paralelos entre sí y mantienen el mismo ángulo. Este tipo de reflexión se denomina **especular** y ocurre en superficies como el vidrio y las aguas quietas.



La **reflexión difusa** ocurre cuando un conjunto de rayos de luz incide sobre una superficie rugosa. Si bien cada rayo obedece a las leyes de la reflexión, estos rebotan en distintos sectores de la superficie, lo que origina que se reflejen en direcciones diferentes. La mayoría de los objetos que conocemos reflejan la luz de manera difusa, puesto que su superficie es irregular, como el plumaje del ave.





## Reflexión y espejos

Probablemente, cuando te levantas y cepillas tus dientes o te peinas para ir al colegio, te miras en un espejo. Este espejo es una superficie muy pulida que refleja la mayor parte de la luz que incide en él; no así el vidrio que lo recubre. Este solo lo protege de posibles daños.

El tipo de espejo que se utiliza normalmente en las casas es un **espejo plano**. Sin embargo, existen otros tipos de espejos, como los que se usan como retrovisores en los autos o los que emplean algunas mujeres para maquillarse. Ese tipo de espejo se denomina **curvo o esférico**.

### Actividad 2



Junto con tus amigos o con tu familia, consigan un espejo plano y una huincha de medir. Luego, mírense de frente en el espejo. Finalmente responde estas preguntas:

1. **Identifica** dónde se ubica la imagen que ven.
2. Mide la distancia que existe entre sus cuerpos y el espejo. ¿La distancia entre la imagen y el espejo será la misma? ¿Cómo podrías averiguarlo?
3. **Describe** de qué tamaño es la imagen con respecto al tamaño de tu rostro.

### Para saber



Para que una persona pueda verse de cuerpo entero en un espejo plano, basta con que este sea de la mitad de la altura de la persona.



## Espejos planos

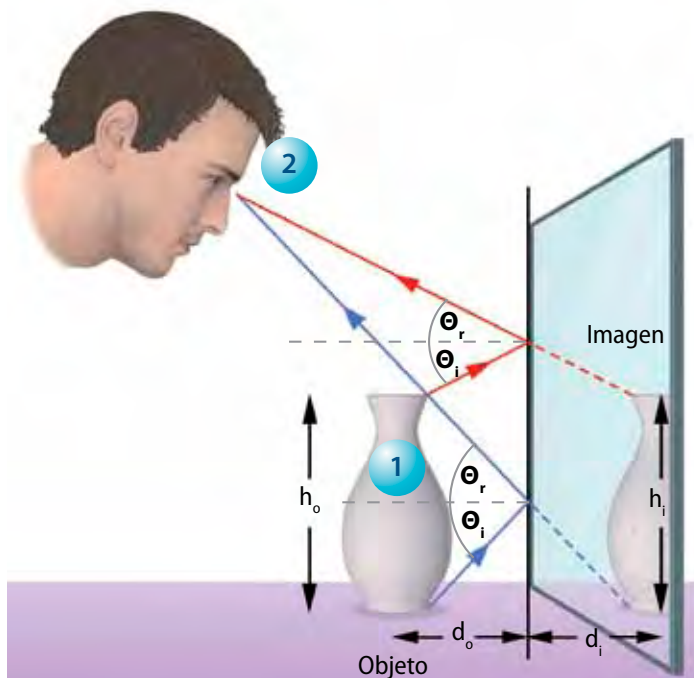
Un espejo plano, como el que usaste en la actividad anterior, consta de una superficie lisa. En ella, los rayos de luz que llegan paralelos se reflejan de forma regular.

1

Si se consideran dos puntos del objeto y desde ellos se proyectan dos rayos luminosos hacia el espejo, se observa que cada rayo se refleja con el mismo ángulo de incidencia, de acuerdo con la ley de la reflexión.

2

El observador aprecia una imagen que proviene de las proyecciones de los rayos dentro del espejo. La imagen es del mismo tamaño que el objeto, pero no es exactamente igual, porque el lado derecho pareciera estar en el izquierdo y viceversa.



En los espejos planos se produce una **imagen virtual**, puesto que los rayos luminosos no provienen de la imagen, sino que parecieran venir de ella; es decir, los rayos reflejados no pasan por el punto donde se produce la imagen ya que esta se forma por detrás del espejo. Una **imagen real** se produce cuando los rayos luminosos convergen en el punto de la imagen, la que puede proyectarse en una superficie o pantalla. Por ejemplo, cuando observas una presentación de diapositivas proyectadas en un telón.

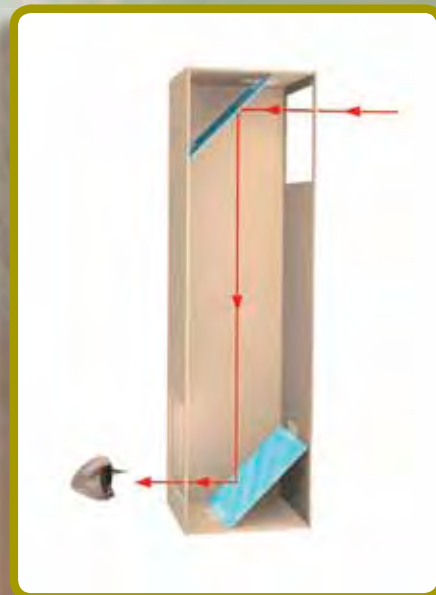


# Lección 1

## Minitaller científico 1

En esta actividad aplicarás las leyes de la reflexión. Para esto construirás un periscopio, instrumento que te permite observar sin que te vean. Consigue dos espejos pequeños que se puedan introducir en una caja rectangular, cinta adhesiva y tijeras. Cuando tengas todos los materiales, sigue estas instrucciones:

1. Abre dos orificios en la caja: uno en la parte superior y otro en la parte inferior.
2. Luego introduce un espejo en cada abertura, procurando que estén ubicados en un ángulo de  $45^\circ$  con respecto a las esquinas de la caja.
3. Cuando tengas listo tu periscopio, ubícate en algún lugar para observar el paisaje o cualquier objeto sin ser visto. Luego, responde estas preguntas:
  - a. Explica cómo puede llegar a tu ojo el rayo procedente del objeto que deseas ver.
  - b. Averigua en qué otras situaciones se puede usar este instrumento.



## Espejos esféricos

Si lees este título ¿logras imaginarte cómo es el espejo que vas a estudiar? Los **espejos esféricos** son un fragmento de una superficie esférica que refleja la luz (son similares a una cuchara). Dependiendo de si la superficie está curvada hacia dentro o hacia fuera, se reconocen espejos **cóncavos** y **convexos**, respectivamente.

Para comprender cómo se forman las imágenes en los espejos esféricos, hay que tomar en cuenta las siguientes definiciones:

### Vértice (V)

Es la intersección que se da entre el centro del espejo y el eje principal.

### Distancia focal ( $f$ )

Es la distancia entre el foco principal (F) y el vértice del espejo (V).

### Eje principal (EP)

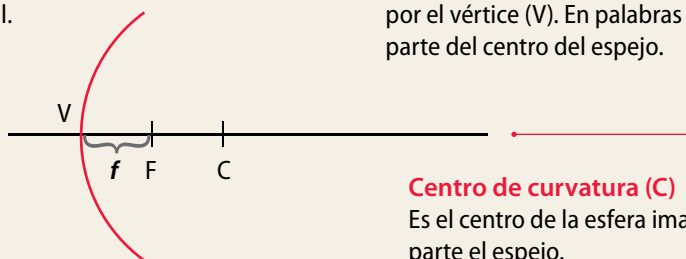
Es la recta que pasa por el centro de curvatura (C) y por el vértice (V). En palabras sencillas, es la línea que parte del centro del espejo.

### Centro de curvatura (C)

Es el centro de la esfera imaginaria, de la que forma parte el espejo.

### Foco principal (F)

Es un punto del eje principal en el que se concentran los rayos que viajan paralelos a este eje y que se reflejan en el espejo.



## Rayos notables

Para saber cómo se forma la imagen en los espejos esféricos se puede trazar un **diagrama de rayos**. Para esto se utilizan tres rayos, que se denominan **rayos notables**. A continuación se describe cada uno de ellos, tomando como ejemplo lo que ocurre en los espejos esféricos cóncavos.

**Rayo paralelo:** este rayo viaja hacia el espejo, paralelo al eje principal. Cuando incide sobre su superficie, rebota y se dirige hacia el punto focal.

**Rayo focal:** este rayo viaja hacia el espejo, pasando por el foco principal. Cuando incide sobre la superficie del espejo, se refleja paralelo al eje óptico.

**Rayo radial:** este rayo viaja hacia el espejo en dirección del centro de curvatura. Según la ley de la reflexión, como el ángulo de incidencia es igual al ángulo reflejado, este rayo rebota y sigue la misma dirección en la que venía viajando.

## ¿Cómo se forman las imágenes en los espejos esféricos?

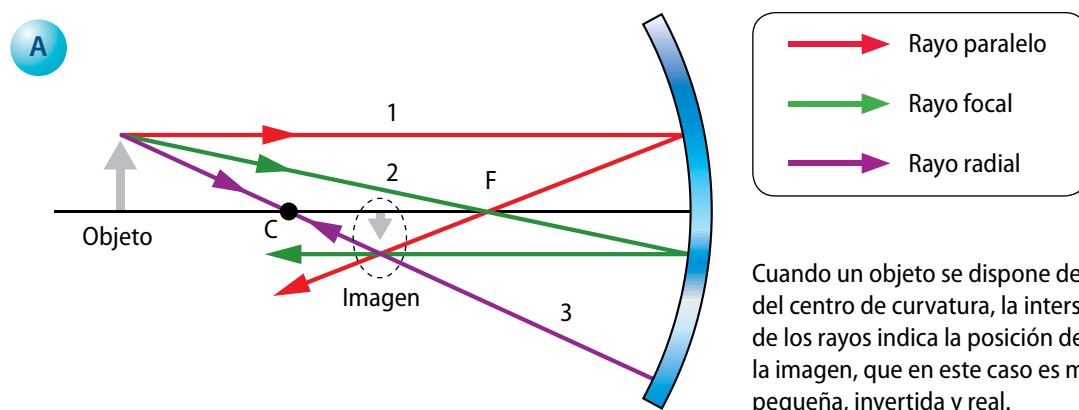
Es importante destacar que para ubicar la imagen formada por un espejo esférico basta con usar solo dos rayos notables. Al trazarlos, la imagen se formará en la intersección de los rayos reflejados y, en algunos casos, en sus proyecciones dentro del espejo.

A partir de la imagen formada, podemos describir sus características, las cuales son las siguientes:

- La imagen puede ser más grande o más pequeña del objeto. Esto se debe a que en los espejos esféricos las imágenes no necesariamente tienen el mismo tamaño que el objeto, sino que pueden observarse aumentadas o disminuidas.
- La orientación de la imagen puede la misma que el objeto, o bien, estar invertida verticalmente respecto de él.
- La imagen puede ser real o virtual. Como ya sabes, en un espejo la imagen será real si los rayos notables reflejados se intersecan delante del espejo, y es virtual si son las proyecciones de dichos rayos, las que se intersecan detrás del espejo.

Veamos las diferencias entre las imágenes que se forman en espejos cóncavos y convexos.

### Diagrama de rayos para espejos cóncavos, caso A:



Cuando un objeto se dispone detrás del centro de curvatura, la intersección de los rayos indica la posición de la imagen, que en este caso es más pequeña, invertida y real.



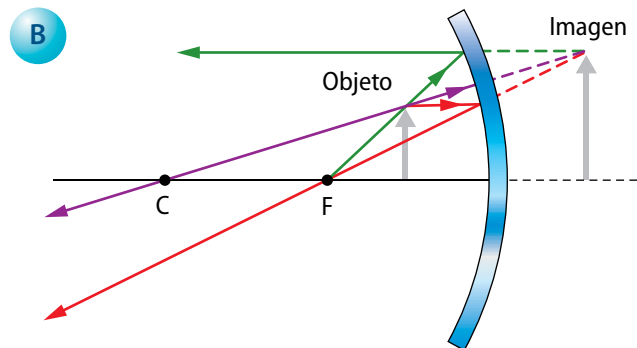
Rayo paralelo



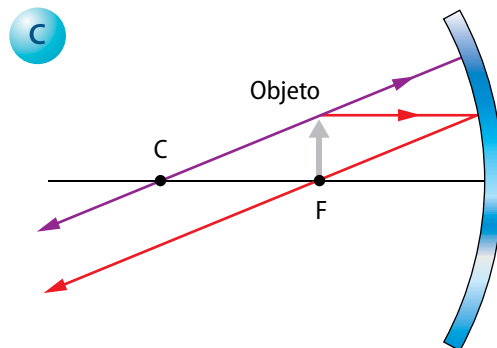
Rayo focal

# Lección 1

## Diagrama de rayos para espejos cóncavos, casos B y C:



Cuando el objeto se ubica entre el foco y el espejo, la imagen aparece dentro del espejo. En este caso, los rayos reflejados no se intersecan, sino que se alejan entre sí. Sin embargo, sus proyecciones se juntan dentro del espejo y forman una imagen más grande, derecha y virtual.



Cuando el objeto se ubica en el foco del espejo los rayos reflejados son paralelos entre sí, de modo que no se intersecan en ningún punto. Por lo tanto, no se forma ninguna imagen.

## ¿Qué tipo de espejos cóncavos reconocemos?

Como en algunas ocasiones, estos espejos forman imágenes ampliadas, se suelen utilizar para maquillarse, afeitarse, colocarse lentes de contacto, etc. También los dentistas usan espejos cóncavos para observar las piezas dentales con más detalles.



### Actividad 3



Vuelve a repasar el diagrama de rayos para los espejos cóncavos. Luego, observa el esquema C y responde estas preguntas:

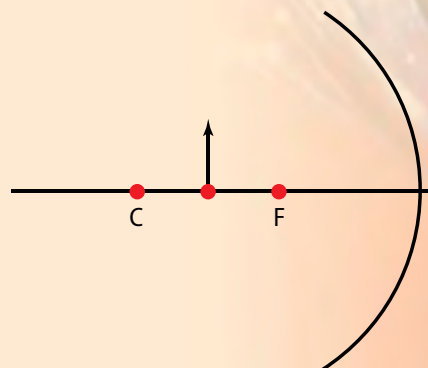
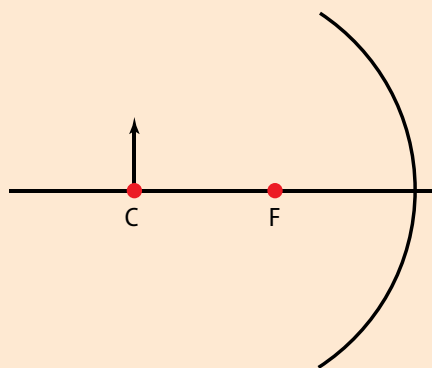
- Identifica** los rayos que se utilizan para formar la imagen en este esquema.
- ¿Por qué no es posible trazar el rayo focal? **Argumenta**.
- Explica** por qué la imagen tampoco se forma con las proyecciones de los rayos reflejados.

## Minitaller científico 2

En este minitaller aplicarás el diagrama de rayos notables. Consigue lápices de colores, una regla y luego dibuja las imágenes formadas por un espejo cóncavo cuando los objetos se ubican:

a. en el centro de curvatura.

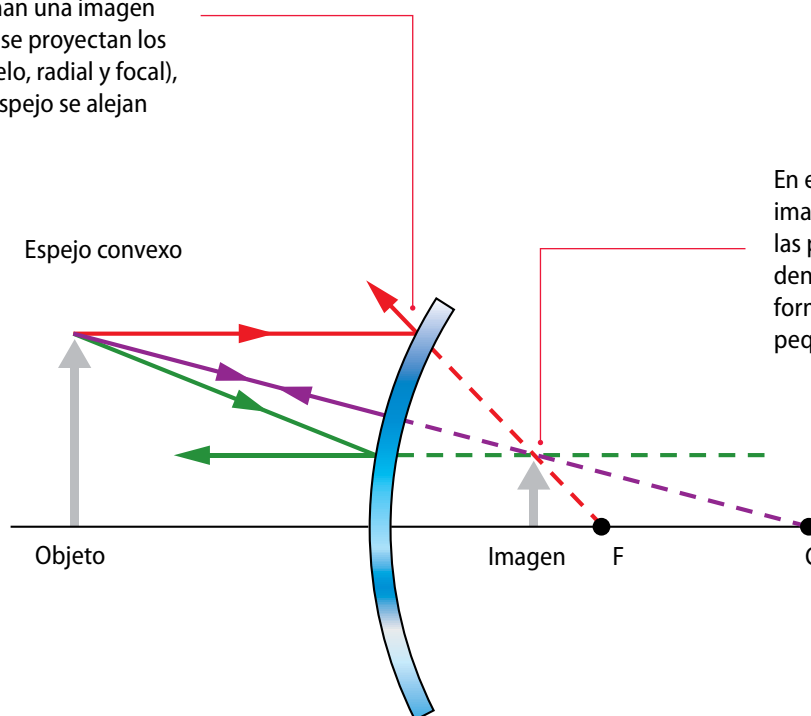
b. entre el centro de curvatura y el foco.



### Diagrama de rayos para espejos convexos

En el espejo convexo, la superficie reflectante se encuentra por la parte externa del casquete esférico. Esto implica que su foco principal y centro de curvatura se encuentran en la parte interna del espejo.

Cuando un objeto se posiciona frente a un espejo convexo, los rayos viajan hacia el espejo y forman una imagen dentro de él. Cuando se proyectan los rayos notables (paralelo, radial y focal), sus reflejos sobre el espejo se alejan entre sí.



En este caso, pareciera que la imagen no se forma. Sin embargo, las proyecciones de los rayos dentro del espejo se intersectan, formando una imagen virtual más pequeña del objeto.



# Lección 1

## ¿Qué opinas?

¿De qué manera el uso de espejos esféricos facilita algunas actividades cotidianas?

¿Es necesario incentivar a los conductores para que utilicen siempre estos espejos cuando conducen?

## Actividad 4

Según las descripciones de cada uno de los espejos de estas páginas, **aplica** el diagrama de rayos que corresponda. No olvides **dibujar** dónde se ubica la imagen e **identificar** si son reales o virtuales.

## ¿Dónde podemos encontrar espejos convexos?



Los espejos retrovisores de los automóviles suelen ser **convexos** para ampliar el campo de visión. Forman una imagen virtual y reducida del paisaje que se halla detrás del conductor. De esta manera, es posible detectar lo que pasa “detrás” del automóvil y así evitar accidentes.



Los espejos que se usan a la salida de los estacionamientos son **convexos**, y se posicionan en lugares estratégicos para ampliar el campo visual. Las imágenes que se observan poseen un tamaño y proporción distintos a la realidad.

## Ejemplo resuelto 1

# Construir el diagrama de rayos para una cocina solar

### Situación problema

Una cocina solar es un artefacto que utiliza la energía proveniente del Sol para cocinar alimentos.

En su fabricación se emplea una gran cantidad de espejos planos pequeños, los que se ubican de tal manera que los rayos que en ellos se reflejan lleguen a un solo punto o foco. Esta concentración de rayos eleva la temperatura en esa zona. Con respecto a lo que conoces sobre la reflexión de la luz, ¿cómo debes construir el diagrama de rayos para explicar la concentración de energía en la cocina solar?

### Entender el problema e identificar las variables

En este caso, la cocina solar está construida con espejos planos, los cuales al ubicarse sobre una superficie esférica forman un gran espejo cóncavo. Los rayos que inciden sobre el espejo, provienen del Sol, por lo tanto, esta distancia hace que los rayos lleguen a la Tierra en forma paralela entre sí. Este dato es muy importante para comprender cómo se concentran los rayos reflejados en un solo punto.

### Registrar los datos

Los datos más relevantes para resolver este problema son los siguientes:

- El tipo de espejo que se utiliza.
- Los rayos que se deben trazar en el diagrama.

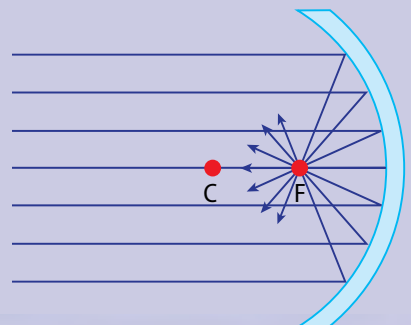
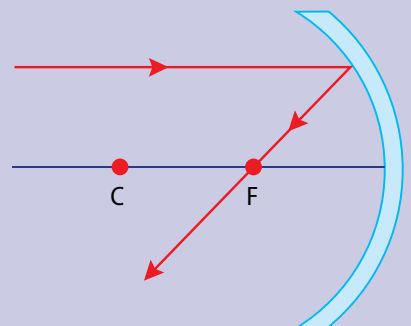
### Aplicar el modelo

Según lo que se desprende del problema, los rayos provienen desde el Sol, paralelos unos con otros. Así, de acuerdo con lo que sabes, el rayo que viaja paralelo al eje horizontal se refleja por el foco.

Como desde el Sol se emite una gran cantidad de rayos, en la cocina solar incidirán muchos rayos paralelos y sus reflejos se concentrarán en el punto focal.

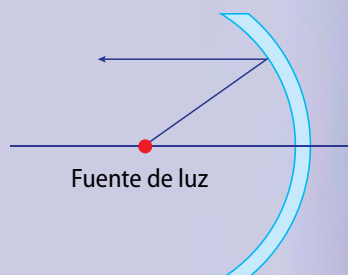
### Redactar una respuesta

La concentración de energía, proveniente del Sol, se produce en el foco de la cocina solar debido a la reflexión que experimentan los rayos solares que inciden en ella.



## Ahora Tú

Con respecto al diagrama de rayos, ¿dónde debería ubicarse la fuente de luz de un faro para que los rayos se reflejen paralelos al chocar contra el espejo que lo forma? Para responder, toma en cuenta la imagen y el diagrama propuesto.



De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. Observa estas imágenes. La linterna y los focos de los automóviles también basan su funcionamiento en superficies reflectoras cóncavas. En ambos casos la ampolla se ubica en el punto focal de la superficie reflectora.

a. **Dibuja** el diagrama de rayos para cada uno de estos casos.



b. **Explica** por qué en estos casos es conveniente poner la ampolla en el punto focal y no en otro punto.

2. **Compara** los espejos planos y los esféricos. Luego, **ordena** la información en una tabla.

3. **Describe** las diferencias entre una imagen real y una virtual.

4. Si te miras en la superficie del agua de un lago y no logras ver tu reflejo, ¿qué crees que ocurre con los rayos que inciden en su superficie? **Plantea** una predicción.

5. **Observa** la fotografía e **identifica** qué tipo de espejo es y cuáles son las características de la imagen que se forma.



6. **Explica** por qué algunos espejos retrovisores de los automóviles tienen grabada la siguiente frase: Cuidado, los objetos están más cerca de lo que aparentan.



## ¿Cómo formular una hipótesis?

Varias veces te habrás enfrentado a una actividad científica en la que debes elaborar hipótesis. Sin embargo, ¿sabes qué es una hipótesis? ¿Qué se debe tener en cuenta para elaborarla de forma correcta?

Una hipótesis es una proposición que pretende explicar de forma provisoria un problema. Es una explicación anticipada que le permite al investigador acercarse a un fenómeno real. Una hipótesis puede utilizarse como una propuesta que debe ser verificada experimentalmente.

La mayoría de las hipótesis que elaboran los científicos están basadas o fundamentadas en conocimientos previos, por lo que dichos fundamentos no se consideran definitivos, sino que muchas veces tienen que remplazarse debido a que se comprobó experimentalmente una nueva hipótesis que entregó conocimiento nuevo al campo en estudio. Visto de este modo, la labor científica es considerada una actividad cambiante, que se construye constantemente.

### ¿Qué pasos hay que seguir para elaborar buenas hipótesis?

1. Observar un determinado fenómeno.
2. Definir el problema, lo que puede hacerse mediante una pregunta.
3. Reunir información, que consiste en realizar una búsqueda bibliográfica respecto del fenómeno observado, averiguar datos y compararlos. Esto permite definir con mayor precisión el problema para plantear la hipótesis. También puede orientar el diseño experimental.
4. La hipótesis debe expresarse en un lenguaje sencillo, debe estar escrita en forma de afirmación y responder a preguntas como:
  - ¿Dónde se observa el fenómeno?
  - ¿En quiénes se observa el fenómeno?
5. La hipótesis debe ser comprobable y poder ser sometida a prueba.
6. También se deben considerar las variables, es decir, las cualidades o atributos que están involucradas en el fenómeno que se quiere estudiar.

### 7. Ahora tú

**En grupos, piensen en la siguiente pregunta:** *¿por qué en ciertas superficies puedes ver tu reflejo?*

1. Recopilen la información necesaria para respaldar el problema antes descrito.
2. Planteen una hipótesis para responderlo.
3. ¿Qué variables se encuentran involucradas en este problema? Considérenlas al momento de elaborar su hipótesis.



# Taller científico

## Habilidades científicas

A continuación podrás practicar la habilidad modelada anteriormente: **elaborar hipótesis**. Es muy importante tener en cuenta que una hipótesis debe ser una respuesta anticipada, que explique y responda una pregunta de investigación científica. Además, debe ser comprobable por medio de la experimentación.

### Materiales

- Espejo pequeño, con forma rectangular
- Transportador
- Puntero láser
- Hojas blancas
- Regla
- Plasticina

## Comprobar la ley de reflexión

### Antecedentes

Como ya sabes, la luz se refleja en cualquier superficie. Si quisieras que un cristal no forme imágenes en su superficie, tendrías que hacer que esta sea un poco rugosa para que los rayos se reflejen en diferentes direcciones.

### Problema de investigación

Cuando un rayo de luz llega a la superficie de separación entre dos medios, se refleja. Es como si rebotase contra esa superficie e iniciase un camino de vuelta por el medio original. El problema de investigación que intentarás resolver se relaciona con los ángulos que forman los rayos incidentes y los reflejados, es decir, si efectivamente estos son iguales y si responden a las leyes de la reflexión.

### Planteamiento de hipótesis

En esta actividad se pretende poner a prueba la siguiente hipótesis relacionada con la ley de reflexión:

“Los rayos de luz que inciden en cualquier ángulo sobre una superficie son reflejados en un ángulo distinto”.

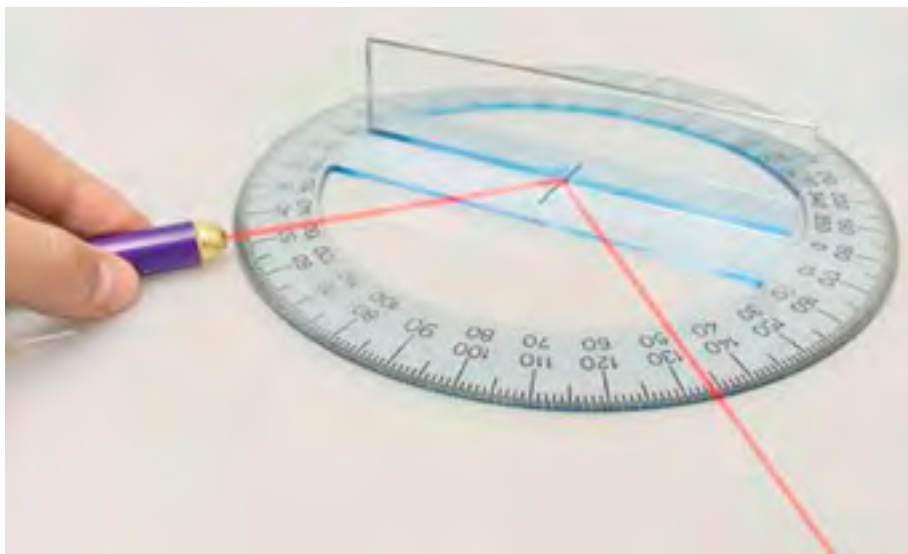
Para determinar si esta hipótesis es válida o no, realizarás junto con tus compañeros un procedimiento experimental sencillo.



## Procedimiento

Reúnanse en grupos de dos o tres compañeros y sigan estas instrucciones:

1. Pongan el transportador en el centro de una hoja blanca.
2. Luego, fijen el espejo con la plasticina de modo que quede ubicado perpendicularmente a la hoja y al transportador, tal como muestra la imagen.
3. Marquen una línea perpendicular al espejo, que parta desde el centro del transportador. A esta línea se le denominará normal.
4. Oscurezcan la sala cerrando las cortinas o dejando el mínimo de ampolletas encendidas para que observen la luz que emite el puntero láser.
5. Apunten la luz láser hacia el centro del transportador, de manera que viaje rasante a la hoja.
6. Repitan el paso anterior, de modo que el rayo de luz forme un ángulo de  $80^\circ$  con la línea normal. Anoten el valor del ángulo reflejado con respecto a la misma línea.
7. Reprodúzcan lo anterior para  $75^\circ$ ,  $70^\circ$ ,  $65^\circ$ , sucesivamente, hasta llegar a  $10^\circ$ . Observen lo que ocurre con los ángulos en cada caso.
8. Recopilen en una tabla los datos de los ángulos de la luz incidente y reflejada para cada uno de los casos.



## Análisis

Cuando hayan ordenado los datos obtenidos, respondan estas preguntas:

- a. ¿Esta experiencia es útil para comprobar la hipótesis planteada al inicio de la actividad?, ¿por qué?
- b. ¿Cuáles son las variables involucradas, tanto en la experiencia como en la hipótesis que se puso a prueba?
- c. ¿La hipótesis resultó válida? Expliquen.
- d. Según la respuesta anterior, ¿qué otra hipótesis se podría comprobar con este mismo procedimiento? Elabórenla en grupo.

## Conclusiones y comunicación de resultados

Luego del análisis, concluyan lo que ocurre con los rayos incidentes y reflejados en esta experiencia. Finalmente, comparen sus resultados con los demás grupos. Para esto pueden elaborar un afiche o póster científico, como se explica en la pág. 232.

# ¿Qué es la refracción?

### Necesitas saber...

Características de la reflexión y aspectos relacionados con los rayos que forman las imágenes.

### Propósito de la lección

Si pones tus manos dentro de un recipiente con agua, podrás observar algo parecido a lo que sucede con el lápiz. Pareciera que están separadas del cuerpo. ¿Qué es lo que ocurre con los rayos de luz en estos casos? En esta lección aprenderás las características de la refracción y cómo este efecto genera ilusiones ópticas.

### Actividad exploratoria

Consigue un vaso transparente, agua y un lápiz. Introduce el lápiz en el vaso con agua y obsérvalo desde distintos ángulos. Por ejemplo, míralo desde arriba, desde el frente, desde un lado, etc. Luego, responde estas preguntas:

1. Cuando observas el lápiz desde distintos puntos, ¿siempre se ve igual? ¿Cómo podrías explicar esto?
2. ¿A qué crees que se debe que el lápiz se vea “quebrado” dentro del vaso?
3. ¿Pasaría lo mismo que observaste si introdujeras el lápiz en el vaso vacío? Plantea una predicción.
4. Mira el vaso desde el frente e introduce tu dedo para tocar el lápiz. ¿Por qué al intentar tocarlo pareciera que el lápiz no está donde lo ves?



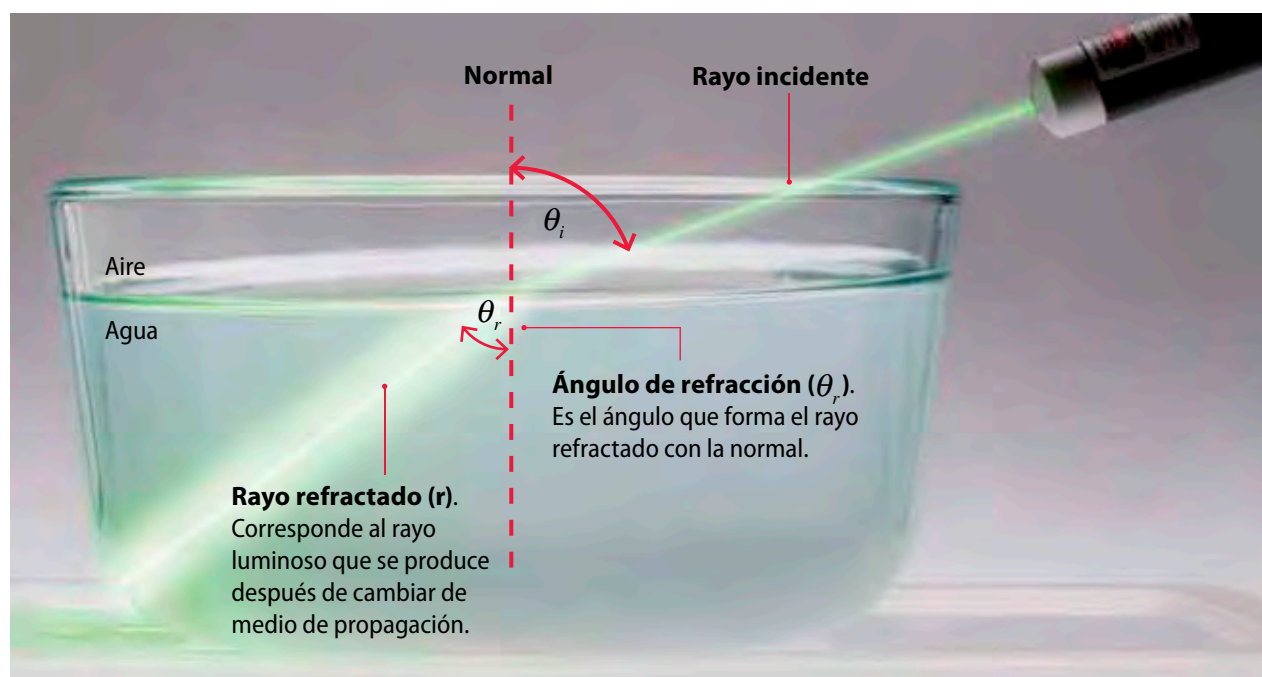
## Los rayos de luz se desvían

Cuando un haz de luz pasa de un medio a otro, se **refracta**, es decir, los rayos cambian de dirección debido a que su rapidez es distinta en ambos medios.

De acuerdo con lo anterior, cuando un haz de luz llega a la frontera entre dos medios (con un ángulo distinto de  $90^\circ$ ) una parte de él se refleja y la otra parte ingresa al otro medio, curvándose en la interfase. A este fenómeno, originado por las diferencias de rapidez de la luz en ambos medios, se le conoce como **refracción**.

## Características de la refracción

Cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro, se observa lo siguiente:



De manera similar a la reflexión, la refracción de la luz tiene un comportamiento que cumple con las siguientes leyes fundamentales:

### Primera ley de la refracción

El rayo incidente, el rayo refractado y la normal se encuentran en el mismo plano.

### Segunda ley de la refracción

Si el rayo luminoso se dirige de un medio más denso a uno menos denso, el rayo refractado se aleja de la normal siempre que el ángulo de incidencia sea distinto de  $0^\circ$ . Si el rayo pasa de un medio menos denso a otro más denso el rayo refractado se acerca a la normal. Esta es la llamada **ley de Snell**.

### Actividad 5



Un pescador, que se encuentra en la orilla de un río se dispone a capturar peces. Los observa durante un rato, hasta que localiza un grupo y les lanza su caña de pescar. Con respecto a esta situación, responde las siguientes preguntas:

1. **Analiza** si el pescador puede afirmar que está observando la posición real de los peces.
2. Si quiere pescar con precisión, ¿le **recomendarías** que dirija su caña directamente hacia un pez que observa bajo el agua?, ¿por qué?
3. **Imagina** la situación, **identifica** si los peces se ubican más cerca o más lejos de la normal y dibuja el diagrama correspondiente.





## Lección 2

### Minitaller científico 3

El objetivo de este minitaller es comprobar las leyes de la refracción. Forma un grupo de trabajo y consigan un recipiente opaco, como una taza, agua y monedas. Luego, sigan estos pasos:

1. Coloquen la moneda dentro del recipiente.
2. Tu compañero deberá ubicar su vista en una posición en que deje de ver la moneda.
3. Luego, agrega agua hasta que la moneda resulte visible para tu compañero.

A continuación, respondan las siguientes preguntas:

- a. Expliquen, según las leyes de la refracción, este hecho.
- b. ¿Podrían concluir que la moneda está flotando en el agua? ¿Por qué?
- c. ¿Cómo influye el agua en la propagación de los rayos luminosos en este caso? Expliquen.



### Trabaja con TIC



Descarga de la Web el archivo "SnellMove.xls" y trabaja con el simulador que allí aparece. Podrás modificar el ángulo de incidencia, el índice de refracción y el ángulo de refracción de la luz.

### Índice de refracción

El índice de refracción ( $n$ ) relaciona la velocidad de la luz en el vacío ( $c$ ) con la velocidad de la luz en un medio determinado ( $v$ ), es decir, indica cuántas veces es más rápida la luz en el vacío que en el medio en estudio. Por ejemplo, si el índice de refracción del diamante es de 2,42, significa que la luz viaja 2,42 veces más rápido en el vacío que dentro de un diamante.

Esta relación se expresa según la siguiente fórmula:

$$n = \frac{c}{v}$$

El índice de refracción ( $n$ ) es siempre mayor que 1. Si conocemos el valor de  $n$  para una sustancia particular, se puede determinar la velocidad de la luz en su medio.

### Actividad 6



La tabla muestra el índice de refracción para distintos medios. Interpreta la información que contiene y, a continuación, responde las preguntas:

1. **Explica** qué ocurre con la velocidad de la luz a medida que aumenta el valor de  $n$ .
2. **Identifica** en cuál de los medios de la tabla la luz viajará más lento.
3. **Explica** entre qué medios la luz experimentaría un mayor cambio en su dirección.

Medio	Índice de refracción ( $n$ )
Vacío	1
Aire	1,00029
Alcohol etílico	1,36
Cuarzo fundido	1,46
Vidrio	1,52
Diamante	2,42

### Minitaller científico 4

En esta actividad conocerás un fenómeno relacionado con la refracción de la luz. Para esto, junto con dos compañeros, consigan un recipiente transparente, agua, leche líquida y un puntero láser. A continuación, agreguen agua al recipiente y unas gotas de leche. Dirijan el haz de luz del puntero láser desde un costado del recipiente hacia el otro costado, como muestra la imagen. Finalmente, respondan las siguientes preguntas:

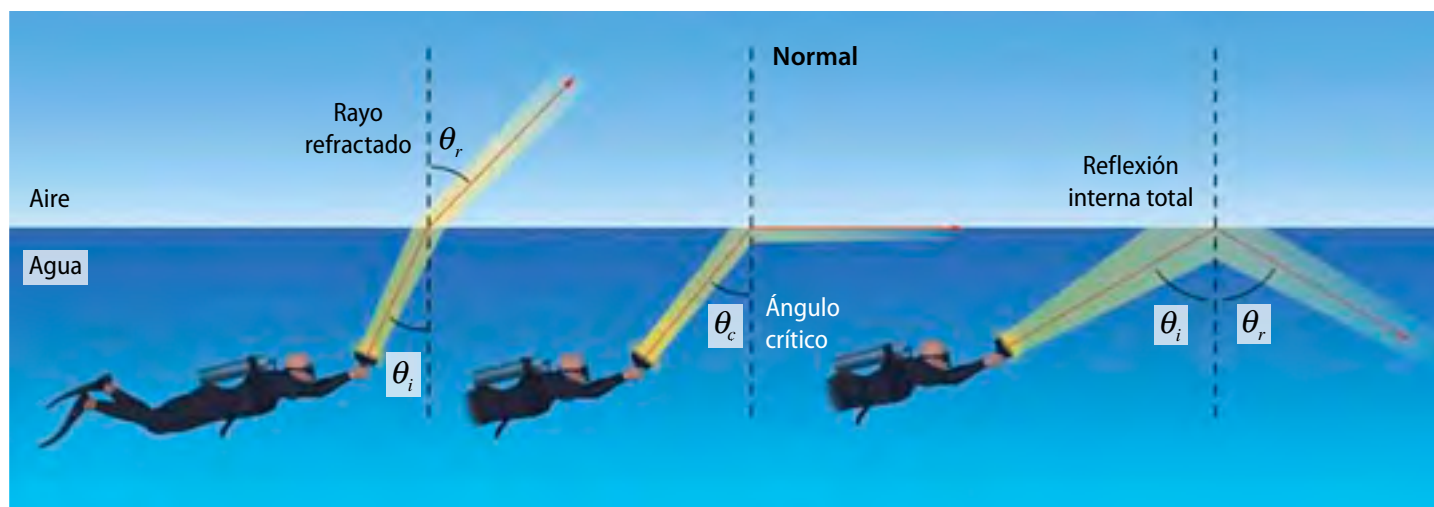


1. ¿Cuál es el índice de refracción de los medios que están involucrados en la actividad?
2. Según la respuesta anterior, ¿es correcto afirmar que el láser pasa de un medio menos denso a uno más denso?
3. Si mueves el puntero láser, ¿su luz pasa del agua al aire?, ¿cuándo deja de ocurrir este efecto?
4. ¿Crees que esta actividad tiene relación con la reflexión de la luz? ¿Por qué?

## Reflexión interna total

Como ya sabes, cuando un rayo luminoso cambia de medio, puede alejarse o acercarse a la normal según lo que propone la ley de Snell.

Piensa en lo que acabas de realizar en el *Minitaller científico*. A medida que varías el ángulo de incidencia del láser, llega un momento en que le corresponda un ángulo de refracción de  $90^\circ$ . Así, el rayo refractado saldrá rasante a la superficie de separación de ambos medios. A este ángulo se le conoce como **ángulo crítico**.



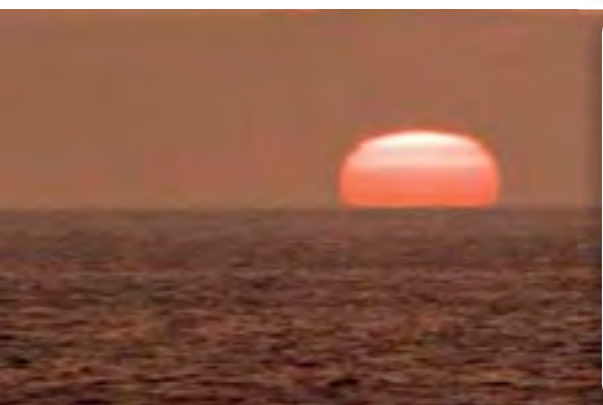
Si varías aún más el ángulo de incidencia, el ángulo de refracción será mayor de  $90^\circ$  y, entonces, el rayo se reflejará por completo en vez de refractarse, es decir, no pasará de un medio a otro. A este efecto se le conoce como **reflexión interna total**, que se explica de acuerdo con las leyes de la refracción, siempre que los rayos de luz pasen desde un **medio más denso** a uno **menos denso**.

### Efectos y aplicaciones de la refracción

Durante un día caluroso, al viajar por la carretera y observar el camino a lo lejos, pareciera que estuviese mojado. A medida que avanzas en el automóvil te das cuenta de que está seco. Sin embargo, si miras más adelante, vuelves a observar agua en el pavimento. A este fenómeno se le llama **espejismo**.



Los espejismos son fenómenos de refracción atmosférica. Se producen cuando existen diferencias marcadas de temperatura entre el suelo y el aire. La luz viaja más rápido por el aire caliente que por el frío debido a que el aire caliente tiene menor densidad. Luego, como en un día caluroso las capas de aire cercanas al pavimento están más calientes que las que encuentran más arriba, los rayos de luz se desvían, chocan en el pavimento y llegan a nuestros ojos como si vinieran en línea recta. Esto nos hace parecer que estamos observando una imagen del cielo reflejada en el pavimento.



En el caso del atardecer, cuando se ve el Sol en el horizonte, en realidad no está ahí, sino que se encuentra por debajo de esta línea imaginaria. Esto también ocurre por refracción, puesto que los rayos de luz provenientes del Sol pasan desde el vacío hacia la atmósfera, se curvan y llegan a nuestros ojos.



Cuando la luz intenta pasar de un medio más denso a uno menos denso, considerando sus distintos índices de refracción, para ángulos de incidencia mayor que el ángulo crítico los rayos no se refractan, sino que se reflejan y no cambian de medio. Este efecto, que conociste como reflexión interna total, explica lo que ocurre en la fibra óptica. Un grupo de barras de vidrio o de plástico funcionan como tuberías de luz, haciendo que esta se refleje constantemente sobre sus paredes y que se transmita de un lugar a otro.

#### Actividad 7



**Investiga** otros aspectos relacionados con la utilización de la fibra óptica en las comunicaciones o en la medicina. Además, elabora un dibujo que represente cómo se aplica la reflexión total en el material que la forma.

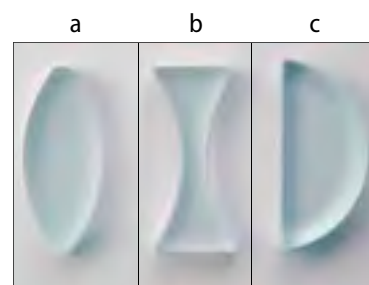


## Refracción y lentes

Cada vez que alguien utiliza anteojos, trabaja con una lupa u observa el paisaje con binoculares, está utilizando lentes.

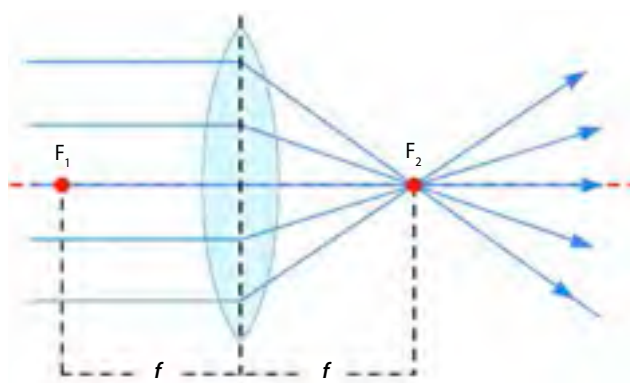
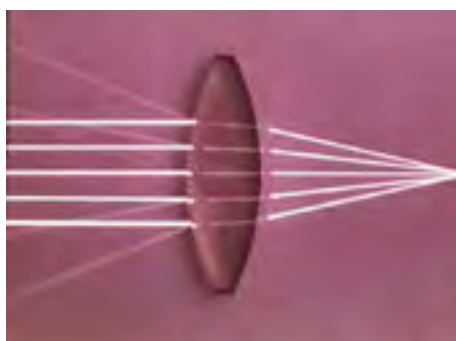
Las **lentes** son medios materiales transparentes, que **refractan** o desvían los rayos de luz para ampliar o reducir imágenes. Una lente generalmente es un trozo de material transparente, que varía su espesor desde el centro a los bordes. Las dos superficies que conforman una lente pueden ser **planas, cóncavas o convexas**. La combinación de estas da origen a las distintas formas de lentes que se conocen. Por ejemplo, una lente **bicóncava** posee sus dos superficies cóncavas, es decir, esta lente posee el centro más fino que los bordes; en cambio, una lente **biconvexa** posee sus dos caras convexas, es decir, el centro de cada superficie posee mayor grosor que sus extremos.

Las lentes **convergentes** son más gruesas en el centro que en los extremos. Concentran los rayos de luz que llegan a ellas, paralelos entre sí, en un punto. El punto en el cual se concentran los rayos se llama **foco de la lente**.

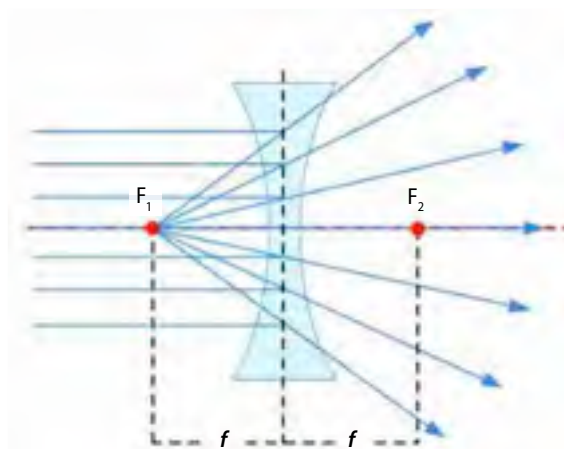


Algunas formas de lentes:

- a.** biconvexa,
- b.** bicóncava,
- c.** planoconvexa.



Las lentes **divergentes** son más gruesas en sus extremos que en el centro. Separan los rayos de luz que llegan a ellas paralelos entre sí, los cuales parecen venir de un punto determinado. El punto del cual parecen emerger los rayos también se llama **foco de la lente**.





## ¿Cómo forman imágenes las lentes?

Tal como viste la formación de imágenes en los espejos, ahora aprenderás los distintos casos de formación de imágenes, tanto para lentes convergentes como para lentes divergentes.

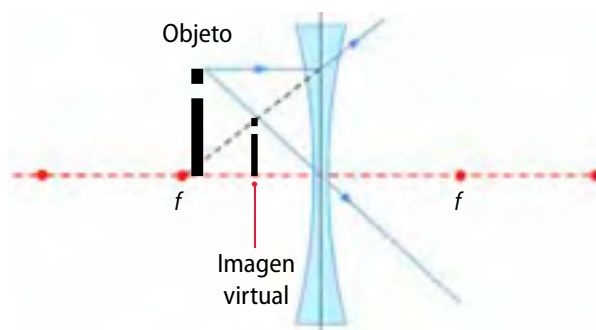
Para conocer dónde se ubica una imagen, basta con trazar dos rayos básicos: uno que va paralelo al eje óptico, y que, al desviarse, el rayo refractado pasa por el foco o pareciera provenir de él; y el rayo que viaja en dirección del vértice de la lente y que la atraviesa sin desviarse. Este último también es un rayo notable y pasa por la intersección de la lente con el eje óptico.



### Lentes divergentes

Observa la imagen que acompaña a este párrafo. Las letras que están detrás de la lente se ven más pequeñas, a diferencia de aquellas que están a los lados de la lente.

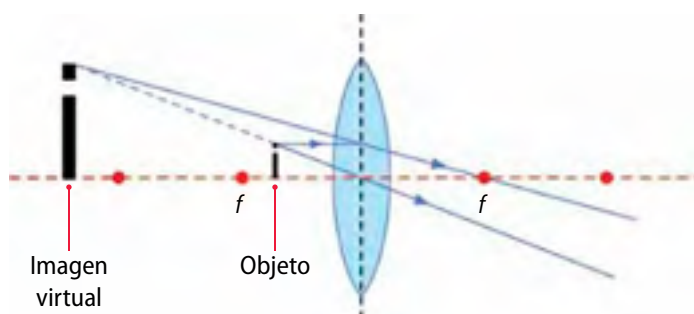
En el caso de una lente divergente, siempre se forma una imagen virtual, más pequeña que el objeto y derecha. Observa el diagrama de rayos:

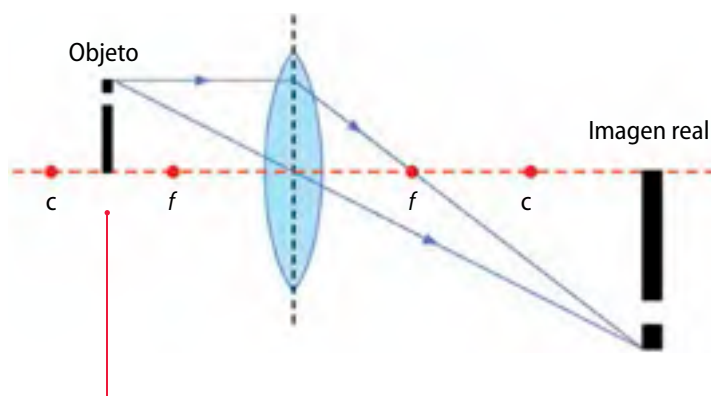


### Lentes convergentes

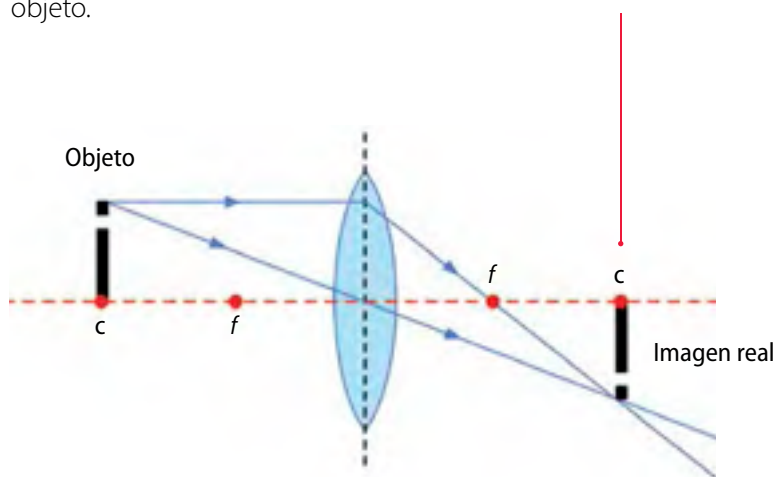
En el caso de este tipo de lentes, las características de la imagen que se forma dependen de la posición del objeto. Por ejemplo, en la imagen de la izquierda, la letra está ubicada entre el foco y la lente, por lo tanto, la imagen se forma del mismo lado en el que se ubica el objeto, es derecha, virtual y más grande que las letras reales.

Veamos el diagrama de rayos para este caso:

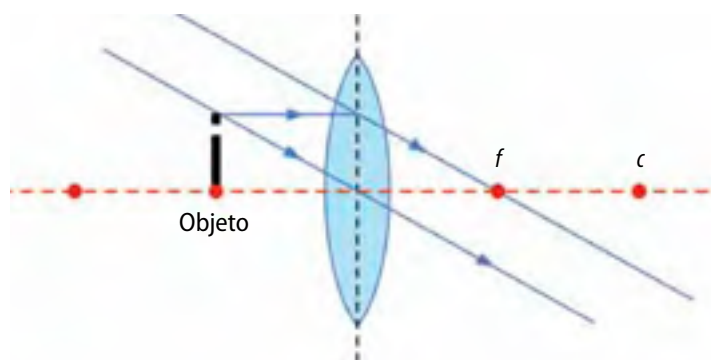




Cuando un objeto se sitúa detrás del foco, los rayos refractados forman una imagen real detrás de la lente. Esta imagen puede ser más grande, más pequeña o del mismo tamaño que el objeto.



Cuando el objeto se ubica en el foco, no se observa imagen.



### Actividad 8



Observa la última imagen de esta página y su diagrama de rayos. **Aplica** lo que sabes de refracción y de lentes para **explicar** por qué en este caso no se forma la imagen.

## Instrumentos ópticos

Hasta el momento has aprendido el funcionamiento de las lentes según las leyes de la refracción. Sin embargo, ¿conoces instrumentos que utilicen lentes? ¿Sabes la diferencia que existe entre una lupa y un microscopio?

A continuación podrás conocer de qué manera usan la luz el microscopio, la lupa, y el telescopio.

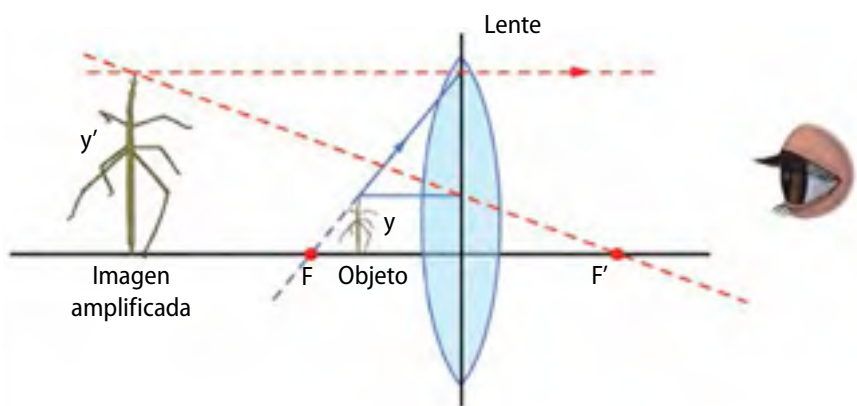
### Lupa

La **lupa** es uno de los instrumentos más sencillos. Se basa en el uso de una lente convergente. La imagen que forma es mayor que el propio objeto, por ende, se usa para amplificarlos. Con una lupa se consiguen aumentos bastante reducidos, pero es un instrumento muy útil para observar diapositivas, sellos, monedas, insectos, etc.



#### Formación de la imagen en una lupa

$F$ : foco objeto de la lente  
 $F'$ : foco imagen de la lente  
 $y$ : tamaño del objeto  
 $y'$ : tamaño de la imagen

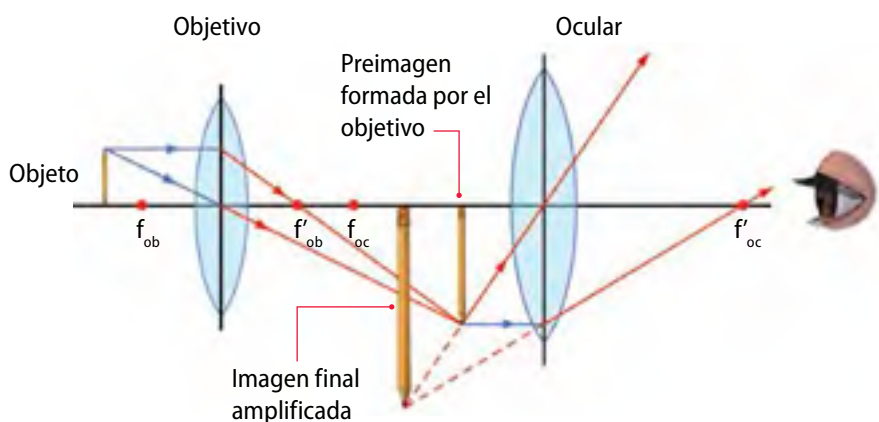


#### Formación de la imagen en un microscopio

$F_{ob}$ : foco objeto del objetivo  
 $F'_{ob}$ : foco imagen del objetivo  
 $F_{oc}$ : foco objeto del ocular  
 $F'_{oc}$ : foco imagen del ocular

### Microscopio

El principio de este instrumento es el mismo que el de la lupa. En este caso, se logran mayores aumentos gracias a la combinación de dos lentes: el objetivo y el ocular. En un microscopio hay habitualmente más de un objetivo, con el fin de poder observar una misma muestra con distintos grados de ampliación. La lente ocular forma una imagen virtual y aumentada del objeto, que es la que finalmente aprecia el observador.

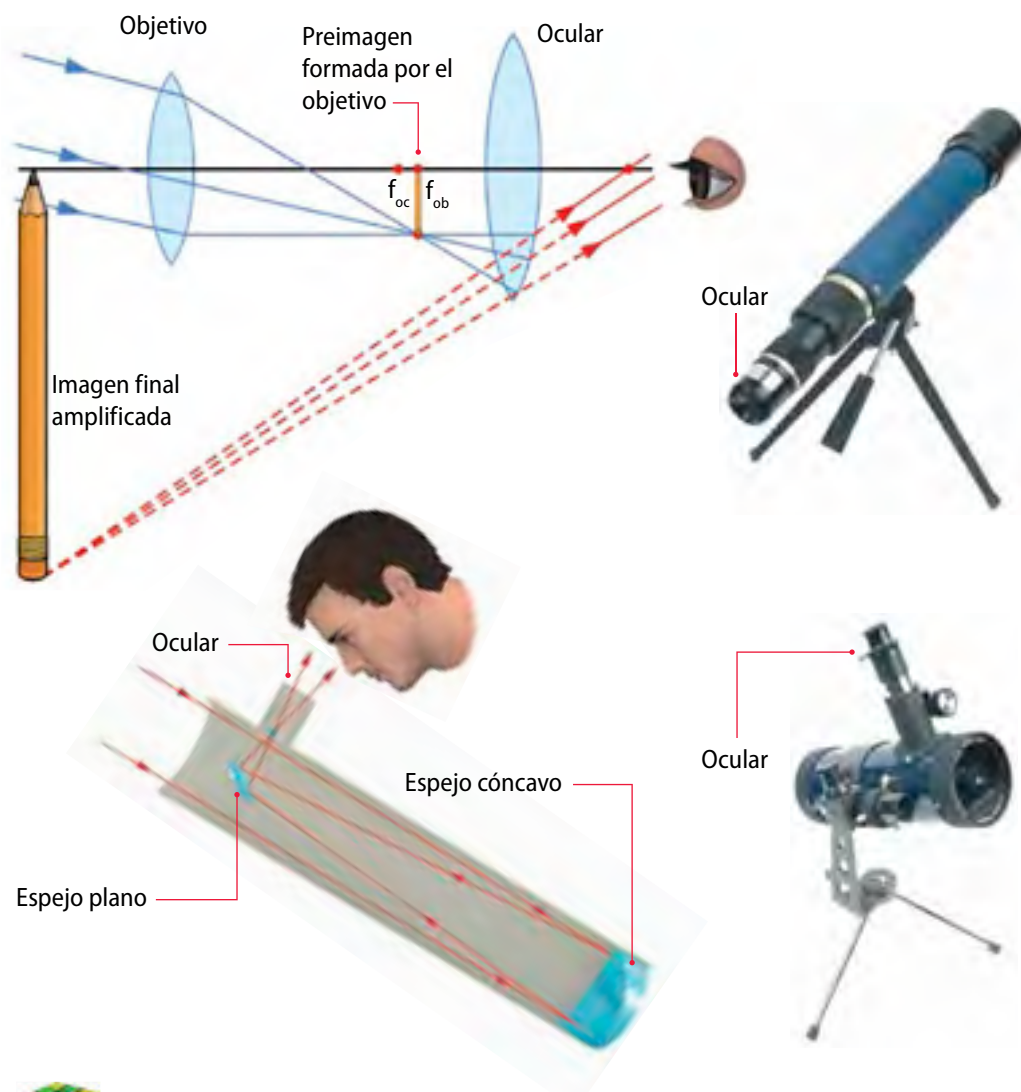




## Telescopios

Estos instrumentos se utilizan para observar objetos que se encuentran muy lejanos. Como el ojo no es capaz de captar tanta luz proveniente de lugares muy distantes, estos instrumentos captan y enfocan esta luz para apreciar objetos ubicados a miles y miles de kilómetros, como ocurre con los astros.

Se conocen dos tipos de telescopios: de reflexión y de refracción. A continuación se explica el funcionamiento de cada uno de estos.



La imagen formada por un **telescopio de refracción** sirve de objeto para el lente ocular, el que la amplifica como si fuese una lupa. Producto de esto, el observador percibe una imagen invertida y de mayor tamaño.

En un **telescopio reflector**, la luz se refleja en un espejo primario. Luego se refleja en un espejo secundario y se dirige hacia el ocular, que es una lente que amplía la imagen. En este caso las imágenes también se ven invertidas.



El desafío de

## Isaac Newton

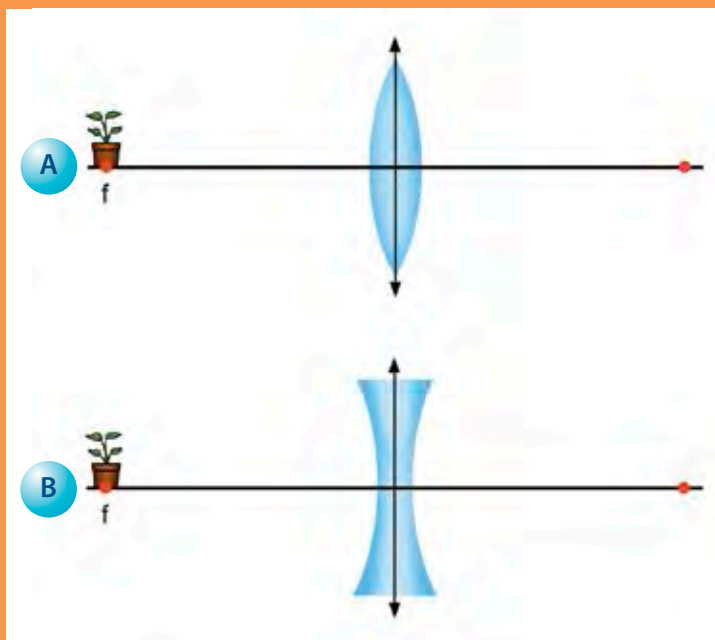
Este científico, intentando corregir una imprecisión en los telescopios de la época, inventó en 1672 el telescopio reflector. Este incluía un espejo cóncavo que concentraba la luz en el foco. La forma esférica del espejo que utilizó también causaba imperfecciones en las imágenes, sin embargo, eran menos graves que las originadas por las lentes que se usaban en los telescopios corrientes de aquel tiempo.





De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. **Compara** rayo incidente y rayo refractado y establece sus principales diferencias.
2. Si un compañero te dice que la luz cambia de dirección solo en la refracción, ¿qué le responderías?
3. **Explica** en qué condiciones se forman imágenes virtuales o reales en las lentes convergentes y divergentes, respectivamente.
4. **Observa** los esquemas que representan lentes refractoras. **Aplica** el diagrama de rayos y dibuja las imágenes que se forman en cada caso. Para esto, utiliza dos rayos.



5. ¿Cómo ayudan a las actividades científicas los instrumentos ópticos? **Redacta** tu respuesta utilizando dos ejemplos.
6. El índice de refracción del cuarzo es 1,46 y el del diamante es 2,42. **Calcula** en qué material disminuye más la velocidad de un rayo de luz que ingresa desde el aire.



## ¿Qué diferencias existen entre hipótesis, leyes y teorías?

Algunos fenómenos naturales o situaciones cotidianas despiertan nuestra curiosidad, lo que nos lleva a plantearnos preguntas que nos conducen a elaborar posibles explicaciones. Es así como surgen las hipótesis, que se comprueban y validan por medio de la experimentación.

Por otro lado, los científicos usan sus hipótesis y la información que obtienen durante la experimentación para formular leyes y teorías. Sin embargo, ¿en qué se diferencian las hipótesis de las leyes y teorías?

- Una hipótesis es una explicación anticipada que le permite al investigador acercarse a un fenómeno real. También es susceptible de ser comprobada mediante la experimentación.
- Una ley sintetiza las regularidades que se han observado en fenómenos determinados.
- Una teoría, en cambio, es una explicación general de un fenómeno estudiado, que puede abarcar varias leyes. La teoría es la explicación más lógica para los fenómenos que se estudian.

De acuerdo con lo anterior, las leyes y teorías llevan a plantear más experimentos y encontrar nuevas generalidades. A medida que se recolectan datos nuevos, puede ser necesario modificar la ley o teoría, o descartarla y remplazarla por otra. Imagínate que existiera ya una teoría válida que presentara ciertos defectos y se propusiera una nueva. Si así fuera, la nueva teoría debería:

1. **Ser equivalente a la antigua**, es decir, conducir a los mismos resultados obtenidos con la teoría anterior.
2. **Ser más completa que la anterior**, es decir, que explique hechos que no se consideraron o que fueron predichos de forma incorrecta.

3. **Ser comprobable**. Por ejemplo, las ondas electromagnéticas propuestas en la teoría de Maxwell de 1873, que explicaban la naturaleza de la luz, fueron descubiertas por Heinrich Hertz en 1887, pero se comprobaron en 1901. Recientemente se ha logrado medir el campo magnético de la luz y verificar así la teoría de Maxwell. Esto demuestra que, mediante la experimentación, repetición y supervisión del experimento por parte de otros investigadores, se minimizan los errores que harían de la teoría una creencia falsa o imprecisa.

## Ahora tú

Consigan un transportador, un puntero láser y un espejo rectangular para comprobar la ley de la reflexión. Repliquen el procedimiento del *Taller científico* de las páginas 88 y 89. Realicen el experimento varias veces para obtener la mayor cantidad posible de pares de ángulos. Cuando hayan terminado, respondan estas preguntas:

1. ¿Qué hipótesis se busca responder con esta actividad?
2. ¿Qué conclusiones, relacionadas con la reflexión de la luz, se pueden establecer con los datos de este experimento?
3. Si repiten una y otra vez este procedimiento, ¿se comprueba la ley de la reflexión?, ¿por qué?
4. Si estuvieran trabajando con una superficie que no es lisa, ¿los resultados habrían sido los mismos? ¿Esto permite refutar o invalidar la ley de la reflexión? Expliquen.

# Taller científico

## Habilidades de pensamiento científico

En este taller pondrás a prueba la habilidad que aprendiste en el modelamiento, es decir, **distinguir entre leyes, teorías e hipótesis**. Recuerda que las hipótesis y su comprobación pueden llevar a establecer leyes, las cuales, al generalizarse, pueden ser parte de teorías.

### Materiales

- Trozo pequeño de cartulina oscura
- Cinta adhesiva
- Lupas de distinto tamaño
- Regla
- Hojas de papel blanco
- Tijeras

Es ideal trabajar esta actividad en el patio del colegio, en un día soleado.

## ¿De qué depende la formación de imágenes en una lupa?

### Antecedentes

En las *lecciones 1 y 2*, viste que la luz es capaz de cambiar de dirección al pasar de un medio a otro. Este fenómeno lo conociste como refracción, y se puede observar en distintas situaciones. Por ejemplo, cuando pones un lápiz en el agua o cuando miras, desde la orilla, un objeto que se encuentra sumergido en una piscina.

### Problema de investigación

Las lupas son lentes convergentes capaces de refractar la luz y originar imágenes aumentadas. También, en algunas ocasiones, al manipular este instrumento óptico no se forman imágenes. Esto significa que al variar la distancia entre la pantalla y la fuente de luz se podrían obtener resultados variados.

### Planteamiento de hipótesis

Planteen una hipótesis que responda a la siguiente pregunta de investigación: ¿cuál será la distancia mínima, entre una pantalla y el foco de la lente, para que se formen imágenes invertidas con una lupa?

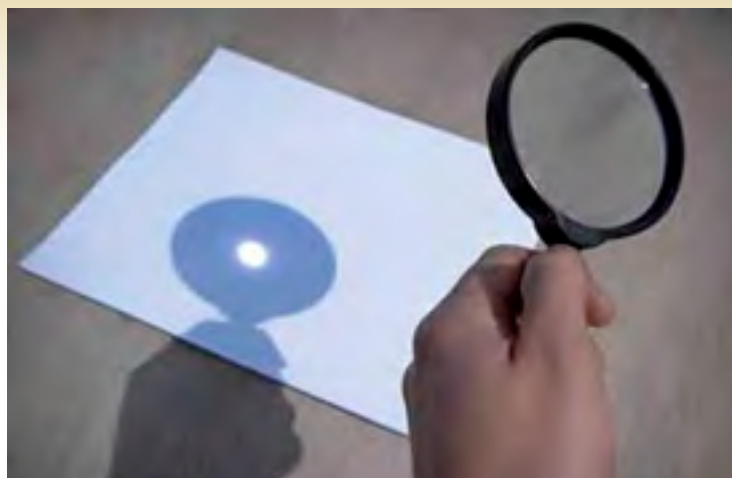
### Procedimiento

Junto con dos o tres compañeros, consigan los materiales y sigan estas instrucciones:

1. Tomen las lupas y comprueben que tengan distintas distancias focales. Para esto, pongan una hoja en el suelo e intenten enfocar los rayos del sol en un solo punto. Cuando lo hayan hecho, midan la distancia que hay entre la lupa y el papel. Registrenlas.



2. Dibujen tres flechas en el trozo de cartulina, recorten y luego peguen una en cada lupa.
3. Tomen cada una de las lupas y acérquenla lo más que puedan a la hoja de papel que se encuentra en el suelo. Poco a poco comiencen a alejarlas hasta que desaparezca la imagen derecha de la flecha. Registren la distancia entre la hoja y cada una de las lupas cuando ocurra esto.
4. Posteriormente, y a partir del punto focal de cada lupa, aléjenlas aún más, hasta que se forme la imagen invertida de la flecha. Registren también la distancia entre el papel y la lupa cuando obtengan esa imagen.
5. Registren los datos obtenidos en una tabla que indique la distancia focal de cada lupa y la distancia mínima a la cual se forman las imágenes invertidas.



### Análisis

Luego de organizados los datos en la tabla, respondan las siguientes preguntas:

- a. ¿Qué ocurrió cuando acercaban y alejaban las lupas? Explíquenlo para cada una de las lentes utilizadas.
- b. ¿Cómo se relaciona el foco de la lente y la distancia focal en los resultados obtenidos?
- c. Luego de analizados los datos de la tabla, ¿estos corroboran la hipótesis planteada en un principio? Expliquen.
- d. ¿Cómo influyen en esta experiencia las leyes de la refracción?
- e. ¿De qué forma ayudan a explicar lo que sucede con las lupas?
- f. Si estos resultados corroboran las leyes de la refracción, ¿qué debería haber ocurrido para que pusieran en duda estas leyes?

### Conclusiones y comunicación de resultados

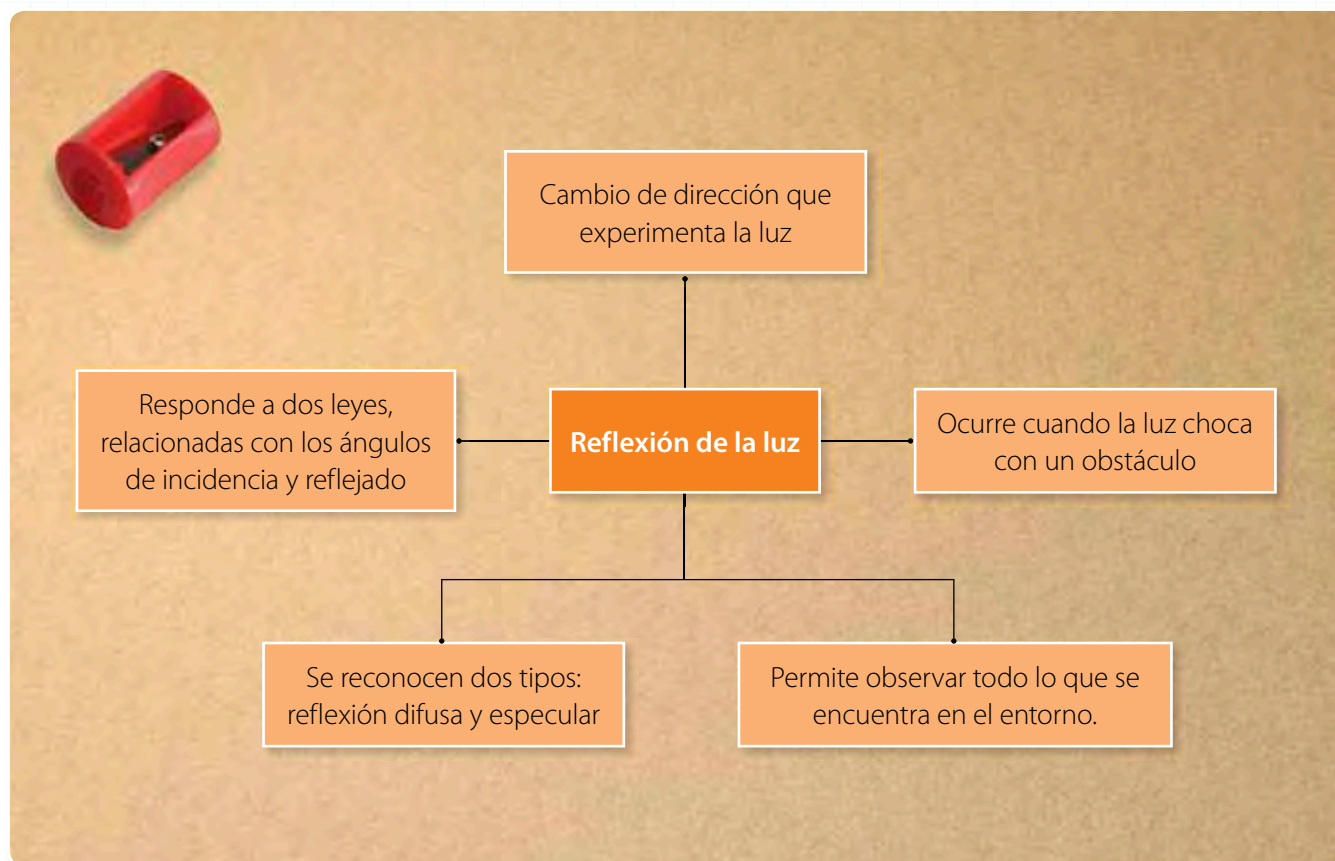
Para concluir su trabajo experimental, indiquen lo que ocurre cuando la flecha se ubica antes y después del foco de la lente, incluyendo cuando esta se ubica justo en el foco. Si lo necesitan, refuercen las conclusiones con los diagramas de rayos correspondientes.

Finalmente, presenten sus resultados a otros grupos. Para esto pueden elaborar un afiche o un informe científico, el cual contenga los principales aspectos del trabajo realizado: los antecedentes, las hipótesis, los resultados y las conclusiones. Guíense con las instrucciones que aparecen en la página 230 y 232 del Anexo 1.



## Organizando lo aprendido

1. Lee la siguiente rueda de atributos. En ella aparecen conceptos relacionados con la reflexión de la luz.



2. A continuación, elabora este tipo de organizador gráfico utilizando conceptos vinculados con la refracción de la luz.

## Actividades

1. Responde las siguientes preguntas:

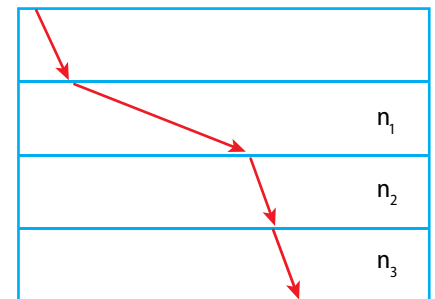
- Es muy común que se utilicen espejos convexos como retrovisores en automóviles. **Explica** por qué crees que se prefiere este tipo de espejo, en vez de uno plano.
- ¿La imagen producida por un espejo plano siempre es virtual?, ¿por qué?
- Si tuvieras que mejorar la seguridad en la entrada de tu escuela para evitar el ingreso de personas extrañas, ¿qué tipo de espejo pondrías en el acceso? **Explica** tu respuesta.
- Analiza** la siguiente situación: si te colocas frente a un espejo plano, tu lado izquierdo se refleja al lado derecho de tu imagen. ¿Es correcto afirmar que el espejo plano invierte la imagen?, ¿por qué?



2. **Identifica** cómo es la imagen de un objeto que se ubica entre el centro de curvatura y el foco para cada uno de los espejos. Para esto, marca con una **X** las casillas que correspondan.

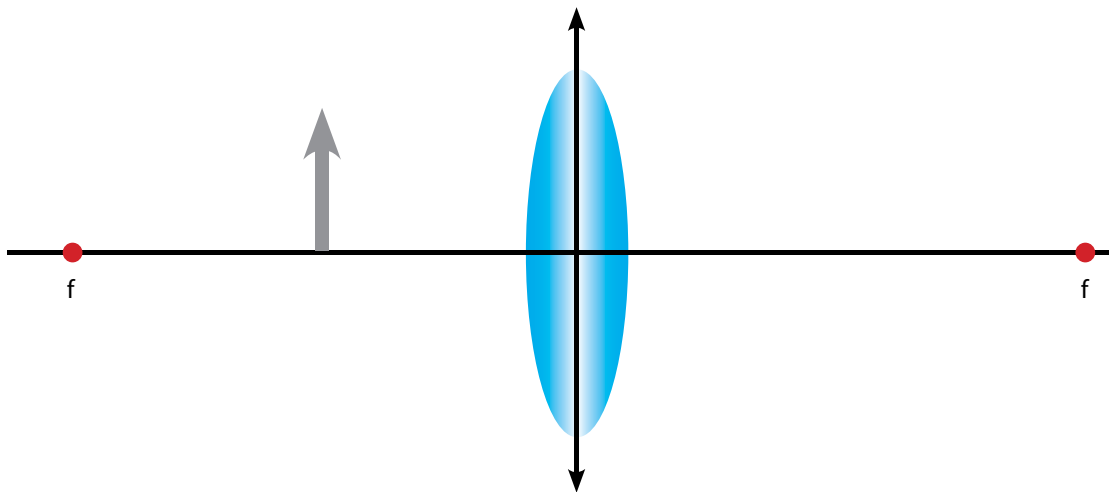
	Tipo de imagen			
Tipo de espejo	Real	Virtual	Derecha	Invertida
Convexo				
Cóncavo				

3. **Analiza** esta situación: un rayo de luz pasa sucesivamente por tres medios transparentes de diferentes índices de refracción, tal como muestra la figura. Basándote en esta información, ¿cuál de los medios tiene menor índice de refracción?

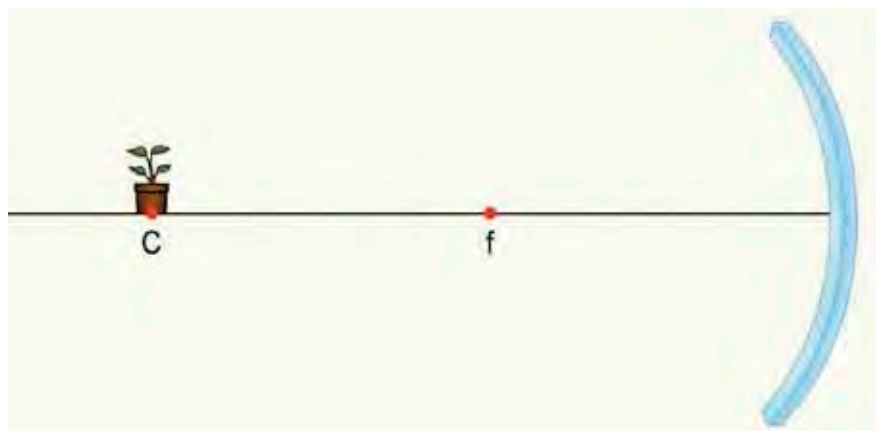


4. **Observa** los esquemas. Luego, dibuja las imágenes que se forman en cada caso y describe sus características.

a. Objeto frente a lente convergente.



b. Objeto frente a un espejo convexo.



# ¿Cómo ves la luz?

### Necesitas saber...

Características de la refracción, lentes y diagramas de rayos.

### Propósito de la lección

Cuando observas tu entorno puedes ver el paisaje, las personas y los objetos, independiente de si estos se encuentran lejos o cerca. También puedes ver los colores y enfocar tu vista para distinguir con nitidez los cuerpos. ¿Cómo funcionan los ojos? ¿Qué ocurre con la visión de las personas cuando presentan dificultades para observar su entorno? En esta lección estudiarás el ojo humano y su comportamiento desde el punto de vista de la óptica.

### Actividad exploratoria

Consigue un espejo y mírate en él. Observa tus ojos, específicamente el círculo negro del centro (pupila). Sin dejar de mirarte en el espejo, apaga la luz y mantén la habitación oscura durante uno o dos minutos. Luego, enciende la luz y vuelve a observar tu pupila. Repite este ejercicio dos o tres veces y observa si en todas las oportunidades ocurre lo mismo. A continuación, responde estas preguntas:

- ¿Qué función crees que cumple la pupila?
- ¿Qué ocurrió con tu pupila cuando apagaste la luz y luego la encendiste?
- Cuando la habitación estaba oscura, ¿pudiste ver los objetos? ¿A qué crees que se debe esto?
- ¿Crees que la capacidad que tenemos de observar el mundo depende solo de la visión? Intenta dar una respuesta a esta pregunta basándote en la actividad que acabas de hacer.



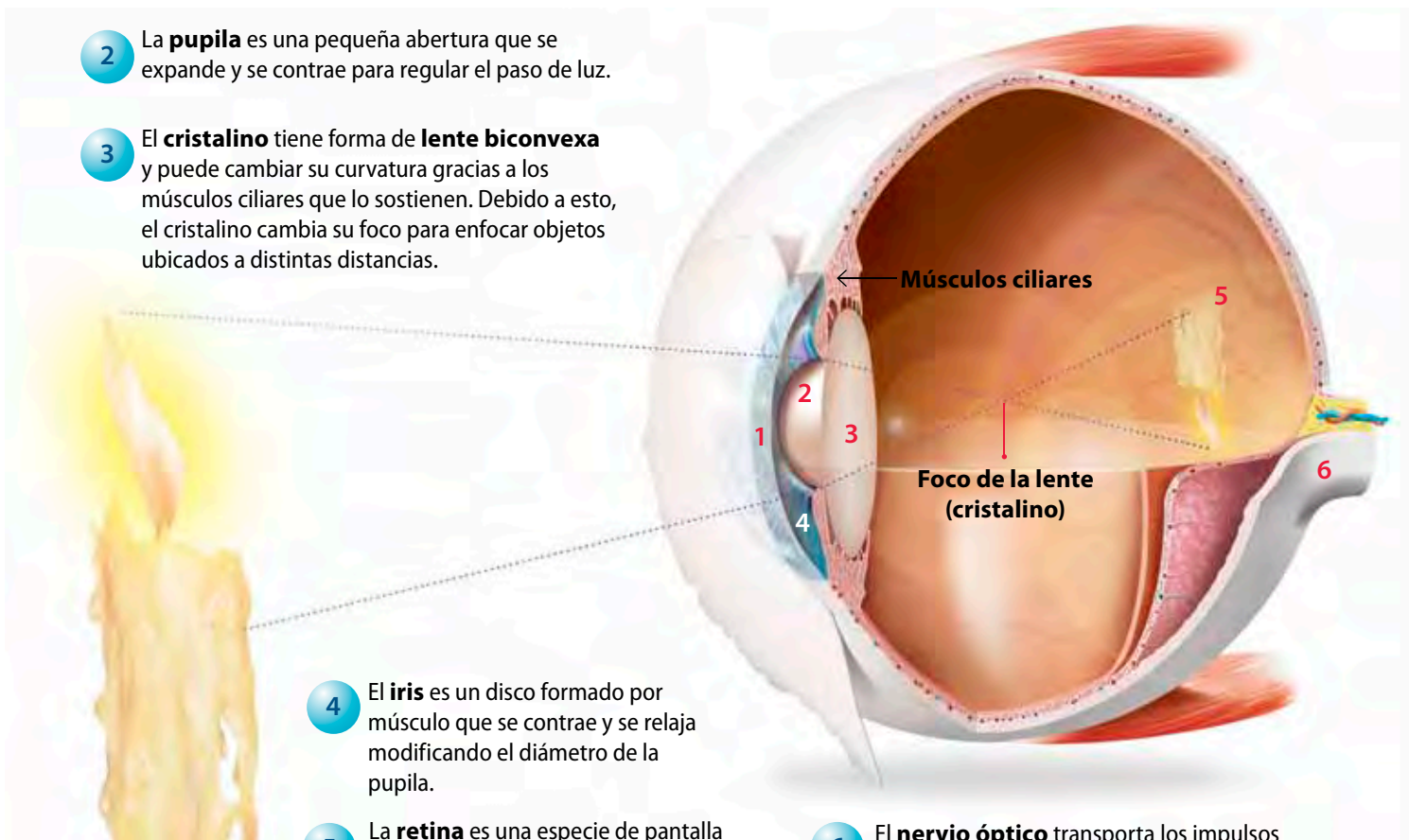
### Visión y luz

Como pudiste comprobar en la *Actividad exploratoria*, eres capaz de ver los objetos porque estos emiten o reflejan luz, la que ingresa por tus ojos. El ojo o globo ocular tiene células (en la retina) que son sensibles a los cambios de luz. Estos cambios se transforman en impulsos eléctricos que llegan a nuestro cerebro, donde se interpretan como imágenes.

## Estructura del ojo humano

A continuación, aprenderás las partes que forman el ojo y las que participan directamente en la visión.

- 1 La **córnea** es una membrana transparente, de curvatura fija. En ella se produce la primera refracción de la luz.
- 2 La **pupila** es una pequeña abertura que se expande y se contrae para regular el paso de luz.
- 3 El **cristalino** tiene forma de **lente biconvexa** y puede cambiar su curvatura gracias a los músculos ciliares que lo sostienen. Debido a esto, el cristalino cambia su foco para enfocar objetos ubicados a distintas distancias.



- 4 El **iris** es un disco formado por músculo que se contrae y se relaja modificando el diámetro de la pupila.
- 5 La **retina** es una especie de pantalla que está compuesta por células fotosensibles que captan la luz. En ella se forman imágenes invertidas.
- 6 El **nervio óptico** transporta los impulsos nerviosos hacia zonas cerebrales especializadas en interpretarlos para hacernos percibir las imágenes en su posición real.



### Conexión con... Biología

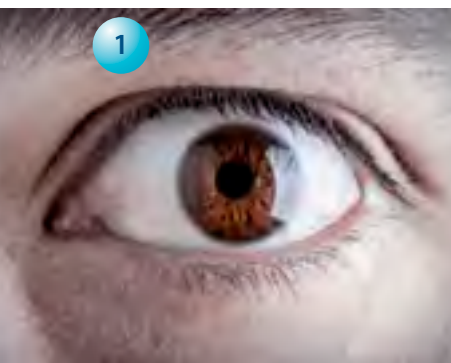
La visión es una función compleja, en la que participan tanto la retina del ojo como el cerebro. En la retina del globo ocular se ubican células especializadas, llamadas fotorreceptores, que captan estímulos luminosos. Existen dos tipos de fotorreceptores: conos y bastones. Estos envían señales hacia el cerebro, órgano que las interpreta como imágenes derechas. El cerebro también combina las imágenes formadas en ambos ojos, por lo que somos capaces de ver imágenes tridimensionales.





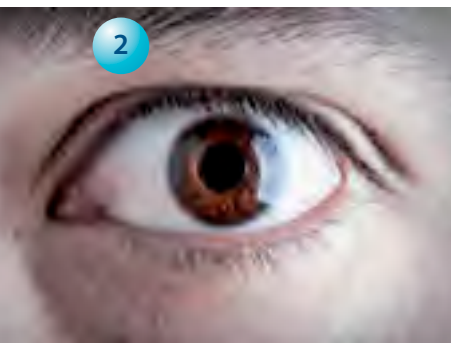
## Lección 3

### Mucha luz o poca luz



Piensa lo que ocurre con tu vista cuando sales de tu casa en una mañana soleada. Como hay mucha luz, tiendes a cerrar tus ojos espontáneamente, intentando regular la cantidad de luz que entra en ellos.

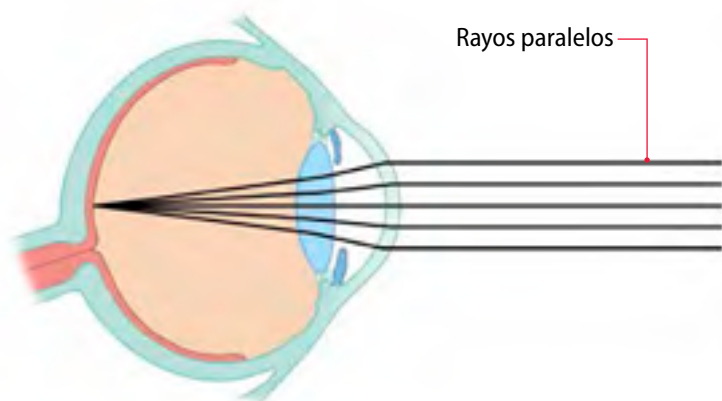
Luego de que la luz pasa por la córnea, se dirige a la **pupila**. Si la luz es muy brillante la pupila se achica para que entre menos luz (1). Por el contrario, cuando la luz es tenue, la pupila se agranda y así entra más luz (2). La pregunta que surge es: ¿qué estructura del ojo provoca el cambio de diámetro de la pupila, como muestra la imagen? Averígualo.



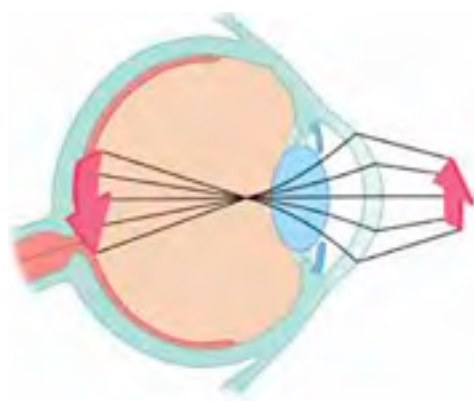
### ¿Cómo se forman las imágenes en el ojo?

Ya conociste las principales estructuras de este órgano. Para responder esta pregunta es necesario retomarlas. Cuando ingresa la luz proveniente de un objeto muy lejano, esta atraviesa el cristalino, que, como viste, es una lente biconvexa. Este refracta los rayos de luz y hace que converjan en la retina, que es la estructura en la cual se forman las imágenes.

¿Lo anterior ocurre siempre de la misma forma, aunque los objetos que observas estén más cerca? El **cristalino** tiene la propiedad de **aplanarse** o **engrosarse** de acuerdo con la distancia a la cual se encuentra el objeto que estás mirando. En palabras simples, el cristalino es el encargado de enfocar la imagen para verla nítida. Si el objeto está cerca, el cristalino aumenta su curvatura, logrando que el foco se produzca antes de llegar a la retina. Por lo tanto, la imagen se proyecta justo en ella. Observa las imágenes.



Cuando los objetos están lejos, los músculos ciliares se relajan, haciendo que el cristalino se alargue y se aplane.



Cuando observas objetos cercanos, los músculos ciliares se contraen, haciendo que esta lente se acorte y se engruese.

### Actividad 9



De acuerdo con lo que sabes acerca de la estructura del ojo humano, responde estas preguntas:

1. **Identifica** qué estructuras de este órgano ayudan a enfocar los rayos de luz en la retina.
2. **Relaciona** la acomodación del cristalino con la refracción de los rayos cuando provienen de cerca y de lejos.

## Problemas de la visión y uso de lentes

No todas las personas presentan una visión normal. Existen defectos relacionados con la forma del globo ocular, con el cristalino, con la córnea, etc.

Si el cristalino enfoca los rayos de luz sobre la retina, las imágenes se ven claras y nítidas, mientras que si el enfoque ocurre delante o detrás de la retina, las imágenes se ven borrosas.

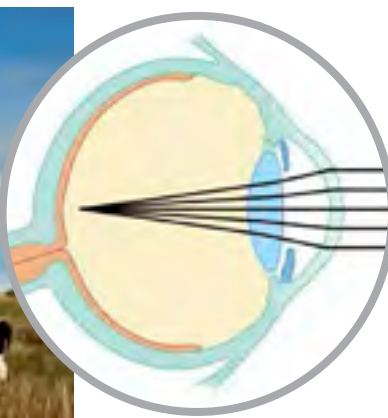
A continuación aprenderás algunas de las principales anomalías relacionadas con la visión.

### Miopía

Esta anomalía se produce cuando la luz proveniente de un objeto lejano se enfoca delante de la retina. Las personas con miopía suelen tener visión cercana, ya que logran ver bien los objetos cercanos y ven borrosos los objetos lejanos.



Miopía sin corregir



El ojo de las personas miopes suele ser más largo de lo habitual, por lo tanto la imagen de un objeto lejano se enfoca delante de la retina.

Fuente:

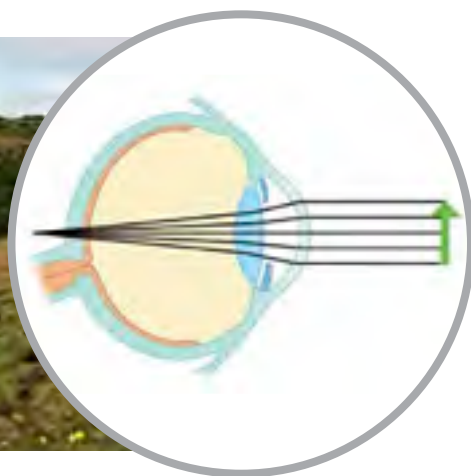
<http://www.fundacionluz.cl/>

### Hipermetropía

En este caso, la luz proveniente de objetos cercanos se enfoca detrás de la retina. Las personas hipermétropes presentan visión lejana, pues para ellas los objetos lejanos se ven nítidos, mientras que los cercanos se ven borrosos.



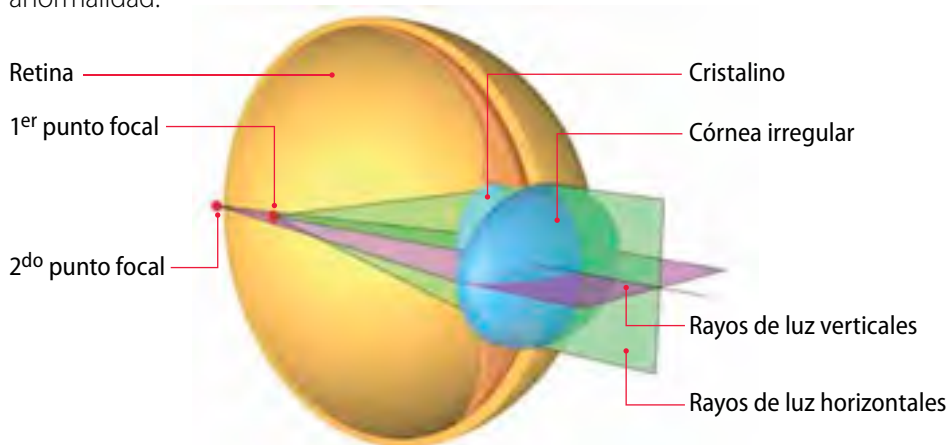
Hipermetropía sin corregir



El globo ocular de las personas con hipermetropía es más corto de lo normal, por lo tanto, la imagen de un objeto cercano se enfoca detrás de la retina.

### Astigmatismo

Otro defecto común de la visión es el astigmatismo. Ocurre cuando una superficie refringente del globo ocular, como la córnea y el cristalino, no son esféricas, sino que más bien son irregulares. Esto produce que el ojo presente distintos puntos focales en distintos planos, lo que origina imágenes distorsionadas. Para corregir esta anomalía se utilizan lentes cilíndricos planoconvexos, que presenta mayor curvatura en el plano que el medio refringente (córnea o cristalino) presenta la anomalía.



### Presbicia

Esta anomalía conocida también como “vista cansada” se asocia con el avance de la edad, que no es posible evitar o detener. Consiste en la pérdida de la capacidad de acomodación del cristalino, hasta llegar al punto que es muy difícil observar nítidamente los objetos cercanos. Las personas con presbicia tienden a alejar los objetos para llevarlos a una distancia compatible con su amplitud de acomodación. Esta enfermedad se corrige, al igual que la hipermetropía, con lentes convergentes.



### Conexión con... Zoología

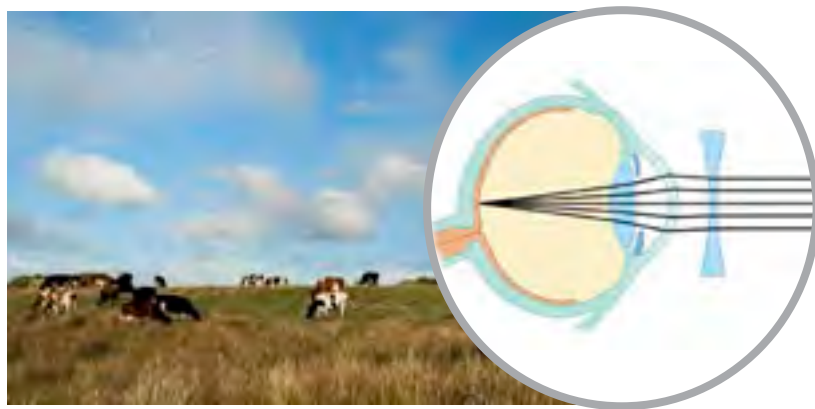


De todo el espectro electromagnético, la porción que percibe el ser humano es muy pequeña en comparación con otros animales. Por ejemplo, las aves, los escarabajos y las abejas, son capaces de percibir la radiación ultravioleta. Esto hace que su percepción del color sea diferente y más rica en matices que la de los seres humanos. Por otro lado, las serpientes son capaces de percibir la radiación infrarroja, lo que les permite detectar el calor que emiten sus presas.



## ¿Cómo se corrigen los problemas de la visión?

Los anteojos que comúnmente utilizan las personas para corregir su visión son lentes convergentes o divergentes, dependiendo del problema visual de que se trate. Observa los siguientes esquemas para comprender cómo las lentes ayudan a enfocar los rayos de luz sobre la retina.



Miopía corregida

La **miopía** se corrige con una lente divergente, que hace que el foco de la combinación del lente con el cristalino se sitúe sobre la retina.



Hipermetropía corregida

La **hipermetropía** se corrige con una lente convergente, que hace que el foco de la combinación de la lente y el cristalino se sitúe en la retina.

### Para saber

El daltonismo también es un problema de la visión. Tiene relación con la percepción de los colores. La mayoría de las personas con daltonismo no distingue el color rojo del verde. Esta anomalía no se puede corregir, pues es de tipo genético.

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. Dibuja un diagrama que **represente** el camino que recorre la luz proveniente de un objeto lejano cuando ingresa al ojo.
2. De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, ¿cómo **relacionarías** al cristalino con una lupa?
3. ¿Cómo le **explicarías** a un compañero que la visión depende tanto de los ojos como del cerebro?
4. Dos personas visitan al oftalmólogo debido a que sienten que su vista no está del todo bien. Andrés dice que puede leer perfectamente el diario, sin embargo, no aprecia el letrero del autobús cuando este se acerca. Mónica dice que puede ver los letreros de las calles desde lejos, pero no lee de cerca. Al respecto:
  - a. **Dibuja** el esquema del ojo de cada uno de los jóvenes.
  - b. ¿Qué tipo de lente debiera usar cada uno de ellos? **Explica** tu respuesta.



# ¿Qué es la luz?

### Necesitas saber...

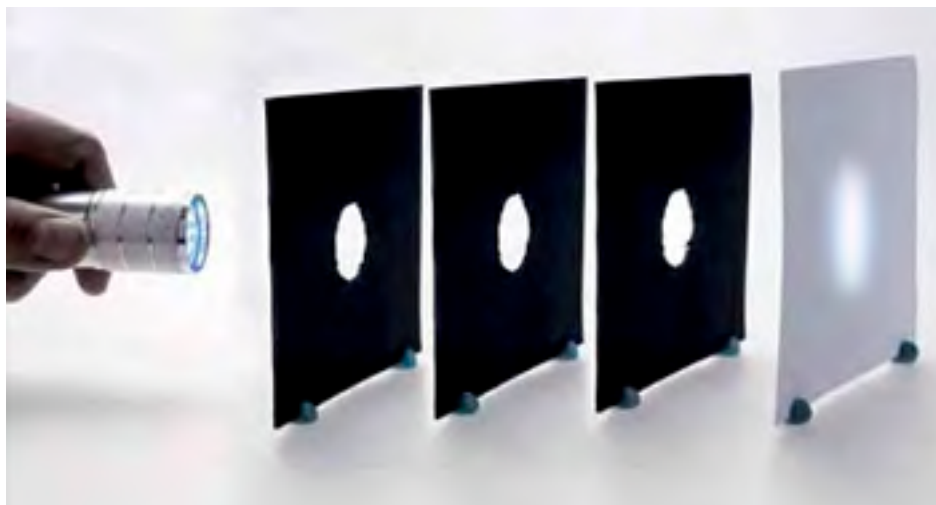
Características de la reflexión y de la refracción.

### Propósito de la lección

La luz es uno de los fenómenos con el que estamos estrechamente relacionados, puesto que nos permite ver todo lo que nos rodea. Los científicos han dedicado muchos años de estudio a comprender qué es la luz y cómo se comporta. En esta lección conocerás las características de la luz y algunos de los principales aportes científicos para descubrir su origen.

### Actividad exploratoria

Junto con dos compañeros, consigan tres trozos de cartón del tamaño de un cuaderno, una linterna, una moneda de \$100, tijeras, un lápiz y plasticina. En el centro de cada cartón marquen con la moneda una circunferencia y recorten. Luego, dispongan los cartones en una mesa, de modo que queden parados uno detrás del otro, como muestra la imagen.



A continuación, enciende la linterna y deja pasar la luz a través de los círculos de los cartones. Observa lo que ocurre y responde estas preguntas:

1. ¿Qué figura se formó en el último cartón iluminado?
2. ¿Qué ocurrirá con la luz que se proyecta en el último cartón si sacas el anterior? Plantea una predicción.
3. De acuerdo con esta actividad, ¿cómo es la dirección de propagación de la luz? ¿De qué manera la actividad te ayuda a responder esta pregunta?

## Naturaleza de la luz

Durante mucho tiempo fue un misterio para la ciencia qué era exactamente la luz. En la actualidad, y de acuerdo con estudios científicos que conocerás más adelante, se sabe que la luz es un tipo de energía que se propaga en forma de ondas. Sin embargo, no se comporta como las ondas sonoras, puesto que no necesita un medio para propagarse. La **luz** es una **onda electromagnética**, es decir, está formada por campos eléctricos y magnéticos que viajan por el vacío.

¿Cómo se puede comprobar que la luz no necesita un medio para propagarse?  
¿Cómo es posible que veas las estrellas por la noche?

## Estudio de la naturaleza de la luz

Durante siglos, diversos científicos intentaron elaborar una interpretación acerca de la naturaleza de la luz. Por esto se han presentado distintas visiones a lo largo de la historia. A continuación, conocerás algunos de los principales descubrimientos que permitieron comprender qué es la luz.

A comienzos del siglo XVII, **Isaac Newton** formuló que la luz se encontraba formada por pequeñas partículas llamadas **corpúsculos**, que asemejaban pequeñísimas esferas, las que viajaban a gran velocidad y en línea recta. Esta primera aproximación formal respecto a la naturaleza de la luz fue denominada **teoría corpuscular** y gracias a ella se explicaron fenómenos como la reflexión y la refracción de la luz.

Paralelamente a la teoría de Newton surgió otra, denominada **ondulatoria**, que fue propuesta por **Christian Huygens** y **Robert Hooke**. Según Huygens, la luz, al igual que el sonido, es una vibración que se propaga en un medio material. Este material fue denominado éter cósmico, que cubría todo el universo. De esta manera, Huygens explicó con bastante sencillez las leyes de la reflexión y de la refracción de la luz, así como la lentitud con la que se transmite la luz en medios más densos, contrario a lo planteado por Newton.

Esta teoría no fue bien recibida por la comunidad científica de la época, ya que refutaba la teoría corpuscular enunciada por Newton, quien era considerado una autoridad en el tema. Por este motivo, no fue tomada en cuenta hasta el siglo XIX.

Solo hasta el siglo XIX, y de acuerdo con los experimentos realizados por **Jean Bernard Foucault** (1819-1868), **Thomas Young** (1773-1829) y **Auguste Jean Fresnel** (1788-1827), fue posible determinar cuál de las dos teorías resultaba ser más acertada.



### Minitaller

### científico 5

En este minitaller podrás reproducir, mediante un procedimiento sencillo, la idea de Newton. Para esto, consigue una tapa de olla de metal y una cámara fotográfica digital. Ubica la cámara de modo que su *flash* quede frente a la tapa y muy cerca de ella. Dispara el *flash* y escucha con detención.

- Describe** lo que oíste.
- De acuerdo con lo que sabes acerca de la naturaleza de la luz, ¿qué se comprueba con este experimento?
- ¿A qué crees que se debe el ruido que oíste? **Redacta una explicación.**



La validación de la teoría ondulatoria fue realizada por **James Clerk Maxwell** a mediados del siglo XIX. Este científico, de acuerdo con los estudios realizados por **Michael Faraday**, dedujo que la luz visible es una onda electromagnética que forma parte de una amplia gama de ondas que conforman el espectro electromagnético. El descubrimiento de Maxwell eliminó toda duda respecto de la naturaleza ondulatoria de la luz.

Hacia finales del siglo XIX se encontraron nuevos efectos que la teoría ondulatoria no podía explicar, como el **efecto fotoeléctrico**, descubierto por **Heinrich Hertz**, que consistía en que las superficies metálicas limpias emiten cargas cuando se exponen a la luz ultravioleta. Por ello fue necesario retomar la teoría corpuscular propuesta por Newton. La ciencia se encontró así en un momento muy complicado, debido a que muchos fenómenos de la luz podían demostrarse mediante la teoría ondulatoria, pero otros solo se podían explicar con la teoría corpuscular.

De esta manera, a principios del siglo XX, surgió una nueva concepción acerca de la naturaleza de la luz: **la teoría cuántica de la luz**, descrita por **Albert Einstein**, según la cual se considera que la luz no se dispersa en frentes de onda, sino en paquetes energéticos llamados **fotones**.

A partir de esta concepción, la física moderna considera aceptable la **dualidad de la luz**, esto significa que puede comportarse como una onda o como un flujo de fotones.

### Actividad 10



1. **Investiga** acerca de los estudios de Demócrito, llevados a cabo en el siglo IV a. C., con respecto a la naturaleza de la luz. También indaga qué experimentos realizaron Foucault, Young y Fresnel.
2. **Organiza** estos acontecimientos en una línea de tiempo. Incluye a Demócrito en tu secuencia.
3. ¿Estas páginas reflejan el carácter de construcción del conocimiento científico? ¿En qué te basaste para elaborar tu respuesta?
4. ¿Por qué es importante la evidencia experimental para establecer teorías?  
**Explica.**



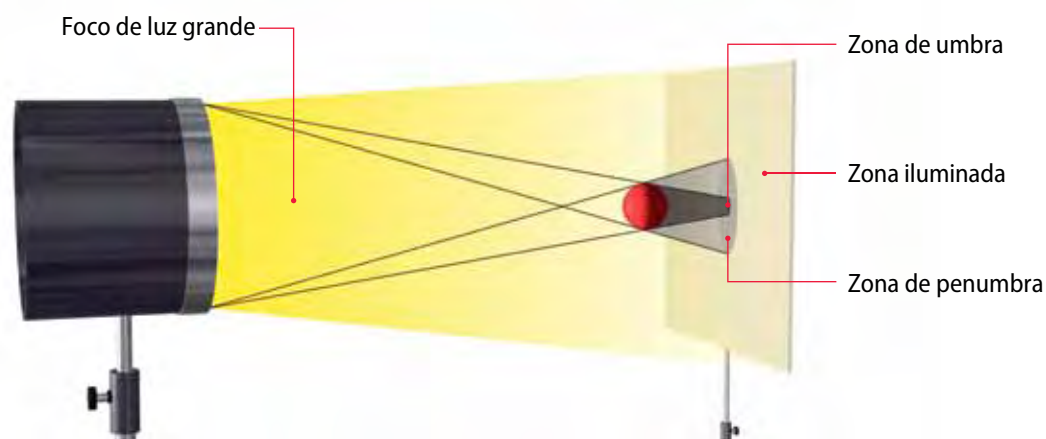
## La luz viaja en línea recta

La luz que emite una ampolla se propaga en todas direcciones en el espacio. Para estudiar sus efectos resulta más sencillo utilizar líneas perpendiculares a las ondas que indican la dirección de propagación. Como sabes, a estas líneas se les denomina **rayos**.

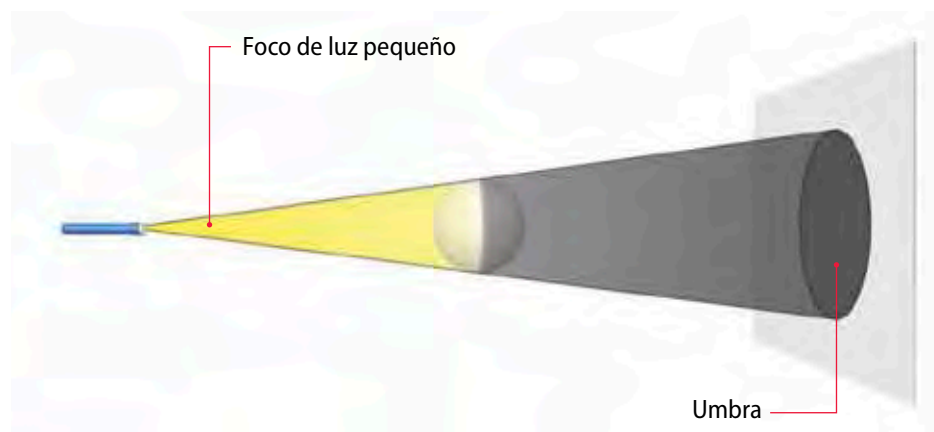
La propagación rectilínea de la luz explica la formación de sombras, llamadas también **umbras** y **penumbras**. Observa los esquemas.

Cuando un objeto, como la pelota de la imagen, se ilumina con un foco grande y observamos la imagen en una pantalla, se pueden distinguir zonas que reciben distintas cantidades de luz. Estas son:

- Zona de **umbra**, que no recibe ningún rayo.
- Zona de **penumbra**, que recibe solo parte de los rayos.



Cuando el foco con el que se ilumina un objeto es pequeño, la zona de umbra se ve opaca, y no se origina una zona de penumbra.



Con respecto a los sectores de la zona que está iluminando, se observa que la penumbra va aumentando en intensidad luminosa a medida que se aleja del centro. La semejanza de los triángulos de la fuente, del obstáculo y de la pantalla evidencia la propagación rectilínea de la luz.

### Actividad 11

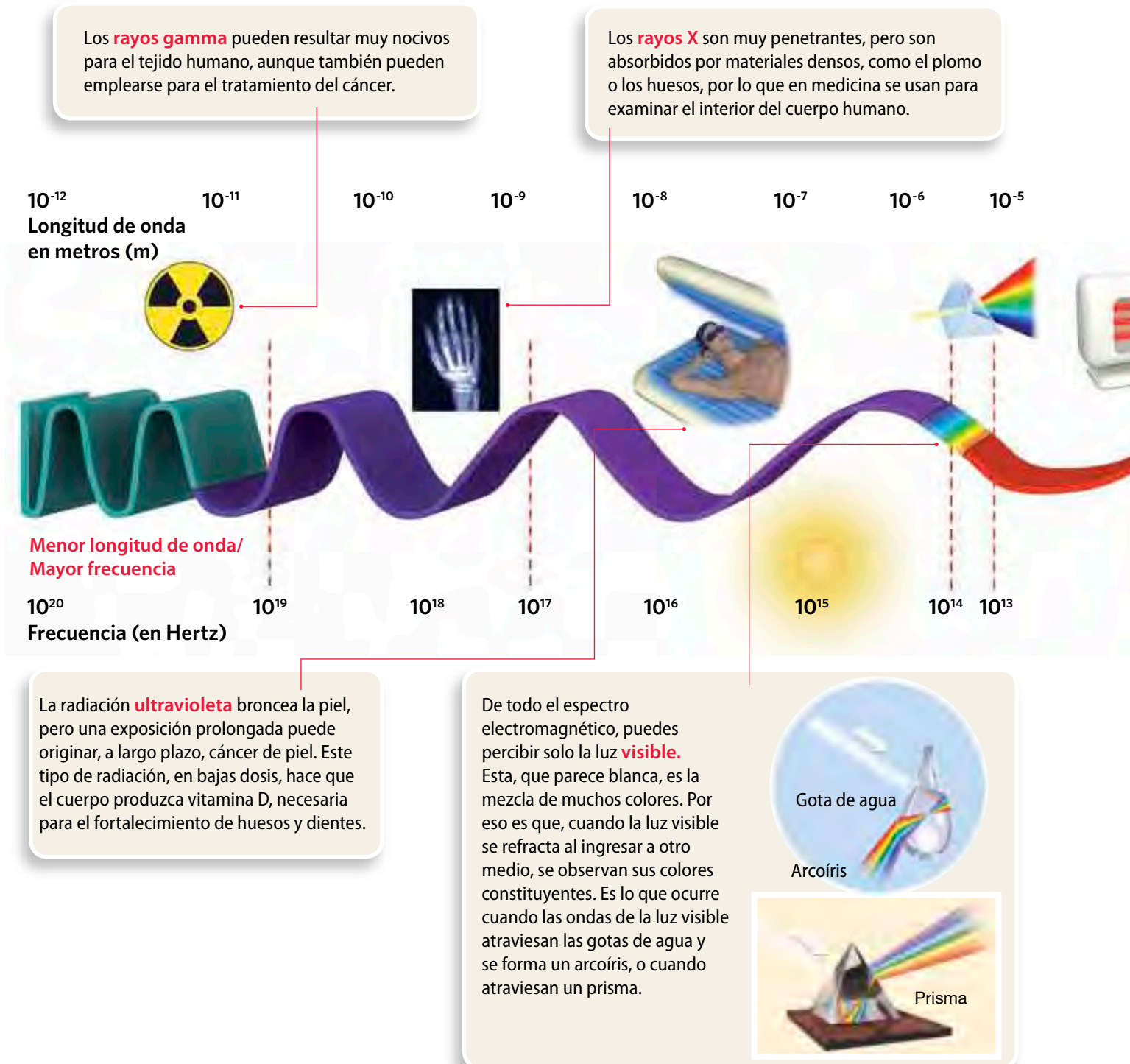


1. **Explica** la diferencia entre los siguientes conceptos:
  - a. Rayo y onda.
  - b. Umbra y penumbra.
2. Vuelve a leer la *Actividad exploratoria* de esta lección y **explícale** a un compañero la propagación rectilínea de la luz utilizando ese ejemplo.



## El espectro electromagnético

La luz visible no es el único tipo de onda electromagnética. La totalidad de este tipo de ondas se agrupan en el llamado espectro electromagnético, que está compuesto, de menor a mayor frecuencia, por **ondas de radio**, **microondas**, **rayos infrarrojos**, **luz visible**, **rayos ultravioleta**, **rayos X** y **rayos gamma**. Observa la siguiente ilustración:



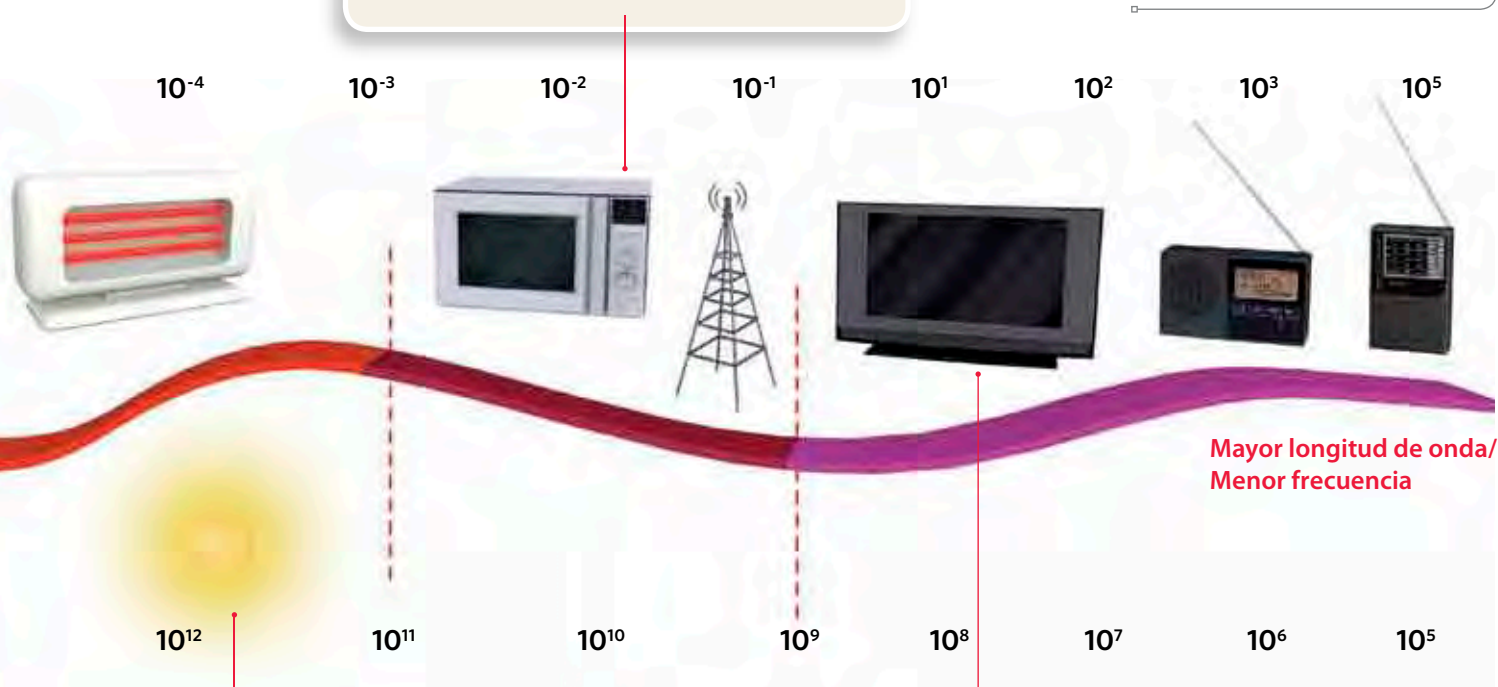
El conocimiento que se tiene hoy en día del espectro electromagnético es bastante acabado y sus aplicaciones son muchas: cada vez que conversamos por teléfono móvil, que sintonizamos una radio, vemos un programa de televisión o que sentimos el calor del sol, estamos percibiendo de una u otra manera radiaciones electromagnéticas. La luz visible es solo una pequeña parte de la familia de ondas electromagnéticas que forman el espectro.

### ¿Qué opinas?

Conversa con tus compañeros acerca de tomar sol durante muchas horas y qué medidas se pueden llevar a cabo para evitar los daños que ocasiona la radiación solar.

Investiguen y discutan acerca del riesgo real que producen las antenas de celulares.

Las **microondas** generalmente se asocian a los hornos de microondas. Sin embargo son muy empleadas en la industria, en las cocinas y en la telefonía celular, como también en los radares.



Mayor longitud de onda/  
Menor frecuencia

Los **rayos infrarrojos** se perciben como calor "invisible". Las gafas de visión nocturna se usan para detectar este tipo de radiación que emiten las personas, los animales y los objetos calientes en la oscuridad, como ocurre con las estufas.

Las **ondas de radio** y de **televisión** se emplean en telecomunicaciones y en radiodifusión, es decir, para transmitir las señales de los programas de radio.

### Actividad 12



1. **Identifica** cada una de las ondas electromagnéticas dependiendo de si son de alta o baja frecuencia, como también si presentan longitud de onda larga o corta. Para organizar tu respuesta, haz una tabla en tu cuaderno.
2. **Investiga** cómo funciona la comunicación vía satélite y los sistemas GPS. Luego, **relaciona** esta información con las ondas electromagnéticas.

## Lección 4

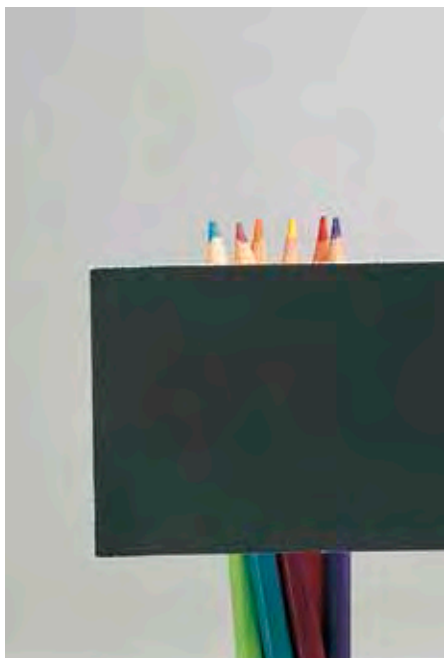
Vacío	300 000 km/s
Agua	225 000 km/s
Aire	299 000 km/s
Vidrio	193 000 km/s
Diamante	124 000 km/s

Velocidad de la luz en diferentes medios

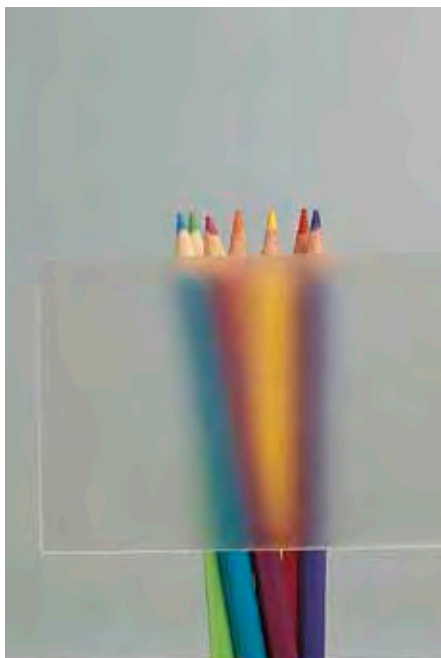
### Luz y color

Al igual que el sonido, la luz también interactúa con la materia. Por ejemplo, aprendiste que la luz se refleja, que, como sabes, corresponde al cambio de sentido de los rayos de luz cuando se topan con un obstáculo. Por esto es que puedes ver tu reflejo en una superficie lisa. Otro tipo de interacción es la **absorción**, así como también la **transmisión**.

Los materiales se pueden clasificar como **transparentes**, **translúcidos** y **opacos**, dependiendo de cómo interactúan con la luz. Observa estos ejemplos:



Los materiales **opacos** no transmiten la luz, es decir, reflejan o absorben toda la luz que les llega. Esto ocurre con la madera, el metal, la cartulina, entre otros materiales.



Los materiales **translúcidos** transmiten luz pero la dispersan. Los objetos visibles a través de ellos se muestran borrosos. Ejemplos de este tipo de material son algunos plásticos, el papel diamante y el vidrio esmerilado.



Un material **transparente** transmite la luz sin dispersarla, lo que permite ver los objetos a través de ellos. Ejemplos de estos materiales son el aire, el agua, el vidrio, el papel *film*, etc.

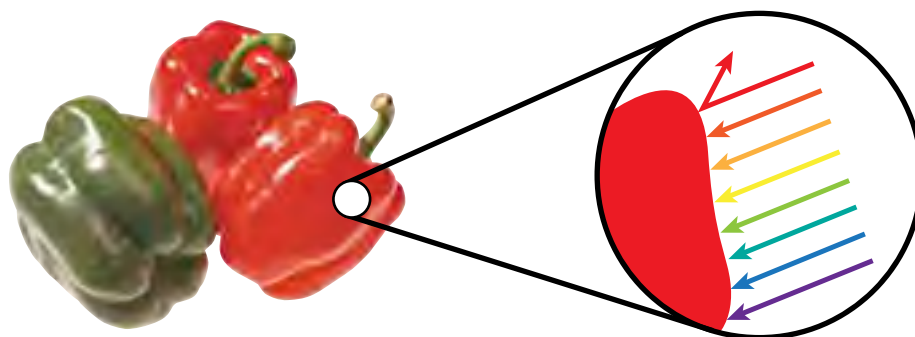
### Actividad 13



1. Junto con un compañero y de acuerdo con la información de esta página, **elabora** los conceptos de absorción y transmisión de la luz.
2. Busca en tu casa materiales que sean transparentes, translúcidos y opacos y **describanlos**. Luego, comparte tu respuesta con otros compañeros.
3. Piensa en lo que ocurre cuando una ventana se empaña. ¿Con qué tipo de material podrías **relacionar** este efecto?

## El color de los objetos

¿Por qué los objetos se ven de determinados colores, como las hojas verdes de algunos árboles o las rosas rojas? Si bien estamos acostumbrados a decir que las cosas “son” de un cierto color, en realidad vemos distintas longitudes de onda como diferentes colores. Por ejemplo, las longitudes de onda largas las vemos como rojo y las cortas como violeta. Estas longitudes de onda son captadas por células específicas, que transmiten la información hasta el cerebro, donde se interpretan como colores.



En el caso del pimentón, cuando la luz lo ilumina, absorbe todas las longitudes de onda, excepto la que corresponde al rojo. Como esta se refleja, lo vemos rojo.

¿Y qué ocurre con los objetos transparentes y translúcidos?



Cuando ves objetos transparentes o translúcidos, en realidad ves la longitud de onda que se transmitió por el material. El resto de los colores de la luz blanca fueron absorbidos.

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

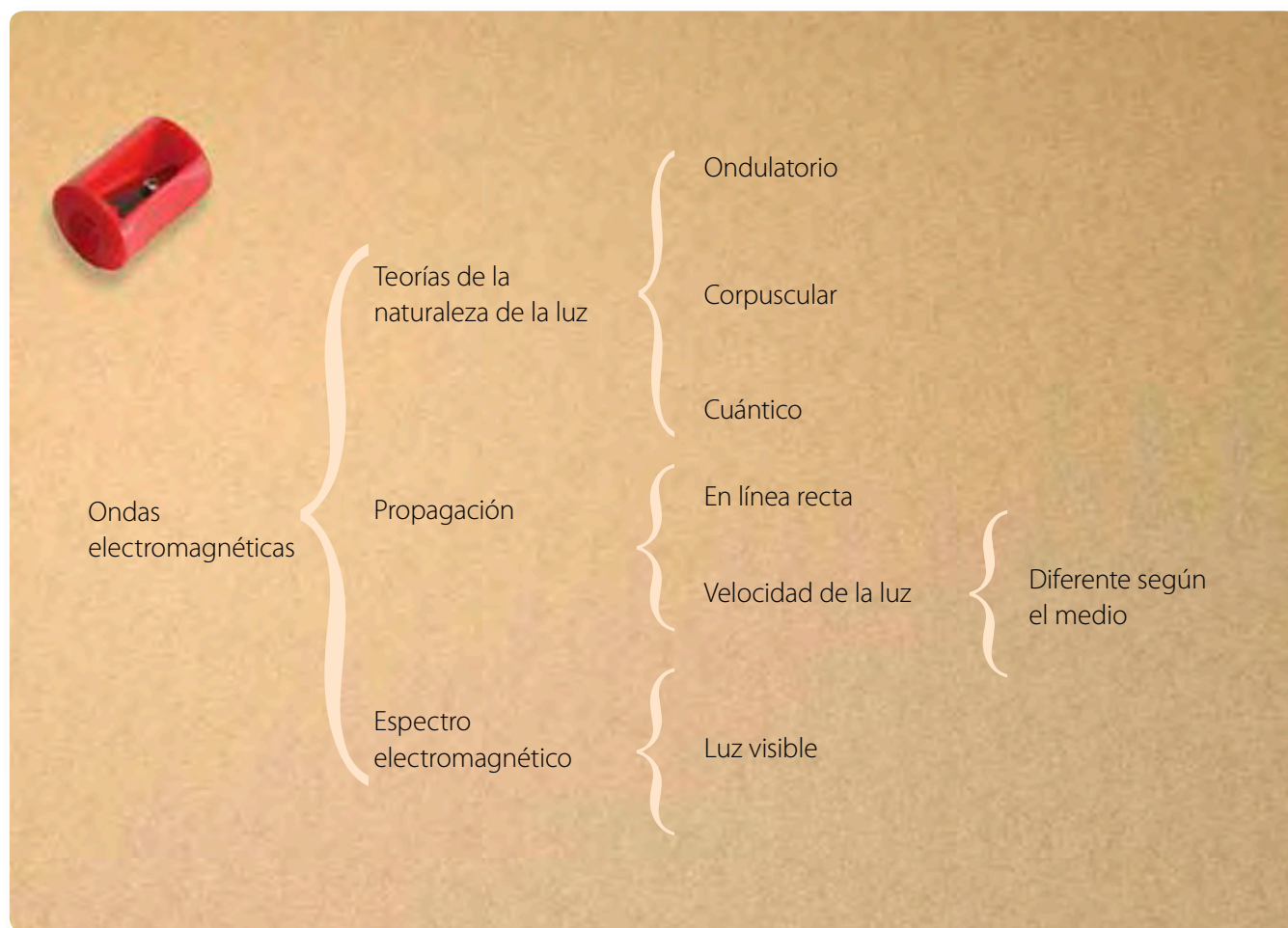
Junto con dos o tres compañeros consigan tres linternas de luz blanca, tres cilindros de papel higiénico, papel celofán rojo, azul y verde, un trozo de cartulina blanca, tijeras y pegamento en barra. Luego, forren el extremo de cada cilindro con un papel celofán distinto y apunten con la linterna a través de los cilindros hacia la pantalla (cartulina blanca). Observen los colores que se forman y respondan estas preguntas:

- Describe** qué ocurre en el centro de las luces cuando las mezclas.
- ¿A qué se debe que se forme el color blanco? **Explica**.
- ¿Cuáles son los colores primarios? ¿Son los mismos que aprendieron en años anteriores?
- Si quisieran reproducir este procedimiento con pigmentos, como témperas, ¿podrían obtener el color blanco? **Planteen una predicción** para esta problemática.



## Organizando lo aprendido

1. Lee el siguiente cuadro sinóptico. Para organizar los conceptos en este tipo de organizador se escribe en el extremo izquierdo el concepto más general o importante. Luego se anotan, de arriba abajo, y separados del principal, los conceptos que siguen en importancia.



2. A continuación, realiza tu propio cuadro sinóptico con los conceptos que son parte de la *Lección 3*, referida al ojo humano.

## Actividades

1. Lee cada una de las siguientes afirmaciones y explica en tu cuaderno si son correctas o erróneas.
  - a. La luz es una onda electromagnética porque se propaga en el vacío.
  - b. La única estructura que refracta los rayos de luz en el ojo humano es el cristalino.
  - c. El descubrimiento de Newton, relacionado con la naturaleza corpuscular de la luz, contribuyó con los estudios de Maxwell, relacionados con el carácter ondulatorio de la luz.
  - d. El ser humano puede percibir longitudes de onda que no son parte del espectro visible.

2. Piensa en lo que ocurre con tu vista cuando miras un objeto y contesta estas preguntas:
- ¿La luz sale de los ojos o entra en ellos? ¿Cómo lo sabes?
  - ¿Qué diferencia hay entre un objeto luminoso y un objeto iluminado? ¿Ambos emiten luz?
  - Averigua si la siguiente frase es correcta de acuerdo con tus respuestas anteriores: “*es hermosa la luz de la Luna*”.
3. Completa el siguiente esquema dibujando cómo se forma la imagen en el ojo de una persona miope. Traza también la forma del cristalino.



4. Observa estos esquemas y explica qué ocurre con la luz blanca en cada caso.

A



B



5. Lee el siguiente texto y luego responde las preguntas asociadas.

*En 1865, el físico escocés James C. Maxwell predijo –de manera teórica– que las cargas eléctricas al acelerarse, es decir, al moverse de cualquier manera que no fueran en línea recta y con velocidad constante, pierden energía y la emiten al espacio en forma de ondas.*

*Este científico murió antes de que se pudiera comprobar su predicción. Sin embargo, en 1888, el físico alemán Heinrich Hertz armó un dispositivo eléctrico en su laboratorio, con el que produjo y detectó por primera vez las ondas que Maxwell había predicho. Los experimentos de Hertz pronto darían como resultado la invención de la radio, la televisión y el teléfono.*

- Identifica cuál fue la predicción de Maxwell.
- ¿Se puede atribuir la invención de la televisión, la radio y el teléfono solo a Hertz?, ¿por qué?
- Actualmente, ¿esta teoría basta para explicar la naturaleza de la luz? Justifica tu respuesta.



Lección 1

## ¿Qué es la reflexión?

La reflexión de la luz nos permite observar el entorno. Vemos lo que vemos porque los objetos reflejan una parte de la luz que les llega y luego esta luz ingresa a nuestros ojos.

Consiste en el cambio de dirección que experimenta una onda lumínica cuando choca contra un obstáculo. Podemos ver los objetos reflejados porque la luz choca contra su superficie y llega hasta nuestros ojos.

Cuando un haz de luz se refleja sobre cualquier superficie, este presenta un comportamiento regular, cuyas características están determinadas por las **leyes de la reflexión**:

- El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal se encuentran en el mismo plano respecto a la superficie de contacto.
- El ángulo de incidencia  $\theta_i$  y el ángulo de reflexión  $\theta_r$ , respecto de la normal tienen la misma magnitud, es decir, son iguales.

Los espejos son superficies pulimentadas sobre las que se produce únicamente reflexión regular. Hay dos tipos de espejos: **planos** y **esféricos**.

Las propiedades ópticas de los espejos permiten utilizarlos en la vida cotidiana. Por ejemplo, los espejos convexos se usan para ampliar el campo visual y los espejos cóncavos para formar imágenes ampliadas y así obtener detalles.



Lección 2

## ¿Qué es la refracción?

La refracción de la luz es el **cambio de dirección** que experimenta un rayo luminoso al pasar de un medio a otro.

De manera similar a la reflexión, la refracción de la luz cumple con leyes fundamentales:

- El rayo incidente, el rayo refractado y la normal se encuentran en el mismo plano, que es perpendicular a la superficie que separa a los dos medios de diferentes densidades.
- Si el rayo luminoso se dirige de un medio más denso a uno menos denso, el rayo refractado se aleja de la normal. Si el rayo pasa de un medio menos denso a otro más denso, el rayo refractado se acerca a la normal. Esta es la llamada **ley de Snell**.

Se llama índice de refracción de un medio ( $n$ ) a la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad en ese medio:

$$n = \frac{c}{v}$$

La refracción de la luz origina varios tipos de efectos e ilusiones ópticas en la naturaleza, como los espejismos y la falsa posición del sol durante el atardecer.



### Lección 3

## ¿Cómo ves la luz?

El ojo o **globo ocular**, está formado por un sistema **sensible a los cambios de luz**, que los transforma en impulsos eléctricos que llegan hasta el cerebro, órgano que se encarga de interpretar estos estímulos como imágenes.

Este órgano es capaz de formar imágenes, ya que refracta los rayos luminosos que llegan a la córnea y al cristalino. De esta forma convergen en la retina. Además, es capaz de regular la luz que ingresa por la contracción y relajación del iris, disco muscular que dilata y contrae la pupila.

No todas las personas presentan una vista normal. Existen defectos de la visión, como la **miopía** e **hipermetropía**, que se relacionan con la forma del globo ocular y del cristalino.

Algunas anomalías de la visión se pueden corregir con lentes. La miopía se corrige con una **lente divergente**, y la hipermetropía, con una **lente convergente**. Ambos hacen que el foco de la combinación del lente con el cristalino se sitúe sobre la retina.



### Lección 4

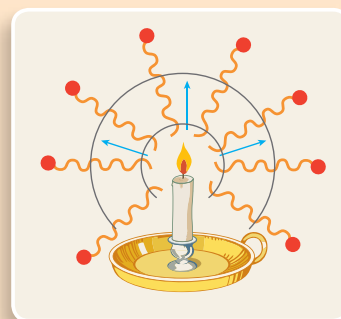
## ¿Qué es la luz?

La luz ha sido estudiada durante cientos de años. A lo largo de dicho tiempo, las ideas respecto de su origen han ido cambiando. Se destacan dos teorías con respecto a la naturaleza de la luz: la **teoría corpuscular**, formulada por **Isaac Newton**, que planteaba que la luz se encuentra formada por pequeñas partículas llamadas **corpúsculos** que viajan a gran velocidad y en línea recta, y la **teoría ondulatoria**, propuesta por **Christian Huygens** y **Robert Hooke**, que explicaba que la luz, al igual que el sonido, es una vibración que se propaga en un medio material, llamado **éter cósmico**, que cubría todo el universo.

La luz se propaga tanto en el vacío como en diferentes medios. Lo hace en línea recta, con una velocidad máxima de 300 000 km/s.

La propagación rectilínea de la luz explica la formación de sombras, llamadas también **umbras** y **penumbras**.

El conjunto de todas las radiaciones electromagnéticas que existen forman el **espectro electromagnético**, que incluye a la luz visible. Esta se puede descomponer en ondas de diferente longitud y frecuencia, que son los colores que percibimos.



### Bibliografía y links sugeridos

- Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México: Pearson educación.
- [http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/optica\\_interactiva.htm](http://www.fisica-quimica-secundaria-bachillerato.es/optica_interactiva.htm)
- [http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena4/2q4\\_contenidos\\_3c.htm](http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/2esobiologia/2quincena4/2q4_contenidos_3c.htm)

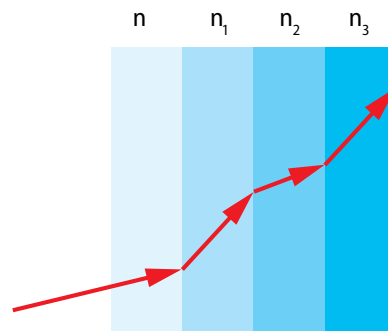


Utiliza lo que aprendiste en esta unidad para desarrollar las siguientes actividades. Si no estás seguro de cómo hacerlo, puedes volver a revisar tu libro.

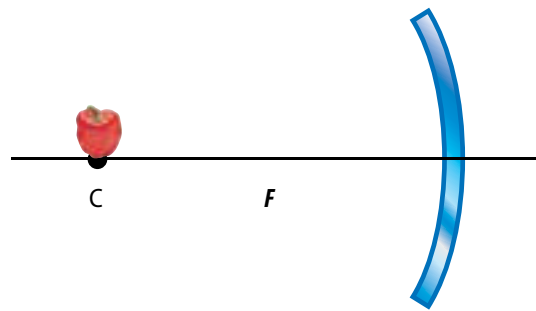
### Recordar-comprender

1. Explica las diferencias entre los aportes de Christian Huygens y James Maxwell en el establecimiento de la teoría ondulatoria de la luz. (4 puntos)
2. ¿Cómo se utilizan las ondas electromagnéticas en la vida cotidiana? Describe cuatro ejemplos. (4 puntos)
3. Observa el siguiente esquema. Este representa distintos tipos de líquidos con sus respectivos índices de refracción. Explica cuál de las siguientes relaciones es correcta para que se cumplan las leyes de la refracción (3 puntos)

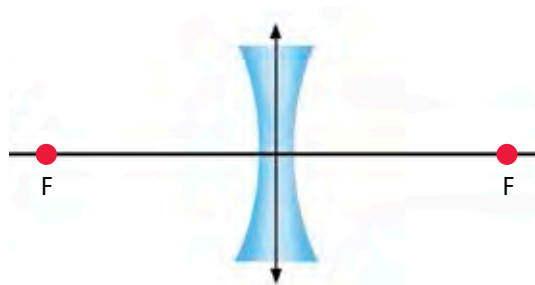
- a.  $n_2 > n_1$
- b.  $n_2 = n_3$
- c.  $n_1 < n$



4. Observa el diagrama y traza los rayos correspondientes para ubicar la imagen del espejo. (2 puntos)



5. Explica, utilizando el diagrama de rayos, por qué en una lente divergente siempre se forman imágenes virtuales. (2 puntos)



6. ¿Cómo se relacionan la física y la biología en el estudio del ojo humano? (4 puntos)
7. ¿Crees que la física ayuda en la solución de problemas médicos? Explica tu respuesta. (4 puntos)

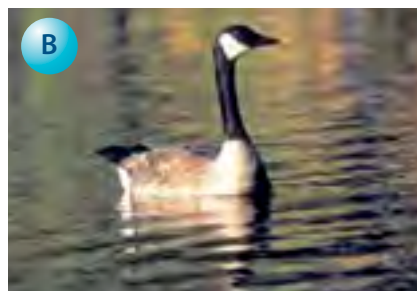
## Analizar

8. En la siguiente tabla se muestran los índices de refracción de algunas sustancias. (3 puntos)

Sustancia	n
Cuarzo	1,54
Agua	1,33
Diamante	2,42

Tomando en cuenta que  $c = 3 \cdot 10^8$  m/s, responde estas preguntas:

- ¿Cuál es la velocidad de la luz en el interior del diamante y del cuarzo?
  - ¿Cuántas veces es mayor la velocidad de la luz en el agua que en el diamante?
  - ¿Cuál de las sustancias que aparecen en la tabla es más refringente?
9. Observa las siguientes imágenes. ¿Cómo podrías explicar que en A se observa el reflejo del ave y en B prácticamente no se observa su imagen reflejada en el agua? (4 puntos)



10. Consigue un recipiente transparente, agua, tijeras, un trozo de cartón piedra y una linterna de luz blanca. Dispón el espejo dentro del recipiente con agua, como muestra la imagen. Luego, realiza un orificio en el cartón piedra, y colócalo delante del foco de la linterna, de modo que la luz se dirija al espejo atravesando el agujero. Observa lo que ocurre y responde las preguntas (4 puntos):



- ¿Qué característica de la luz explica lo que observaste?
- ¿Qué colores pudiste observar?
- ¿Qué fenómeno de la naturaleza se explica de acuerdo con lo que realizaste?

## Aplicar

11. Una persona se observa en una cuchara, como muestran las imágenes. Míralas con atención y luego responde las preguntas (3 puntos).
- a. ¿Qué tipo de espejo corresponde a cada lado de la cuchara?
  - b. ¿Cómo son las imágenes que observa la persona en cada caso? Refuerza tu explicación trazando un diagrama de rayos.
  - c. Si ambas cucharas se usaran como espejos, ¿para qué fines cotidianos servirían?



12. Ana y Catalina se encuentran una al lado de la otra. Catalina está frente a un espejo plano, tal como muestra la imagen. Ella puede verse en el espejo, mientras que Ana no. Según esta información y lo que se aprecia en la imagen, ¿puede Catalina ver a Ana y Ana puede ver a Catalina? Dibuja los rayos correspondientes que respondan a la ley de la reflexión. (6 puntos)



13. En los últimos años se observa que mayor cantidad de jóvenes sufren de enfermedades visuales que son producidas en algunas ocasiones por herencia y, en otros casos, por no tener cuidados básicos con los ojos. ¿Qué acciones les recomendarías a tus compañeros de curso para prevenir enfermedades visuales? Elabora al menos tres sugerencias (6 puntos)

## Me evalúo

Calcula el puntaje que obtuviste en estas actividades y luego responde las preguntas.

Objetivo de aprendizaje	Preguntas	Puntaje	Te proponemos que...
Comprender el fenómeno de reflexión y aplicarlo en espejos planos y curvos.	4, 9, 11	____/9	Si obtuviste entre 0 y 5 puntos, realiza la actividad 1. Si tu rango está entre 6 y 7 puntos, realiza la actividad 2. Si obtuviste más de 8 puntos, realiza la actividad 9 de la página 128.
Comprender el fenómeno de refracción en lentes convergentes y divergentes.	3, 5, 8, 12	____/12	Si obtuviste entre 0 y 7 puntos, realiza la actividad 3. Si tu rango está entre 8 y 10 puntos, realiza la actividad 4. Si obtuviste más de 11 puntos, realiza la actividad 10 de la página 128.
Describir, en términos ópticos, el funcionamiento del ojo humano.	6, 7, 13	____/14	Si obtuviste entre 0 y 8 puntos, realiza la actividad 5. Si tu rango está entre 9 y 12 puntos, realiza la actividad 6. Si obtuviste más de 13 puntos, realiza la actividad 11 de la página 129.
Identificar la naturaleza de la luz como onda electromagnética y como partícula e investigar el desarrollo histórico de estos descubrimientos.	1, 2, 3, 10	____/12	Si obtuviste entre 0 y 7 puntos, realiza la actividad 7. Si tu rango está entre 8 y 10 puntos, realiza la actividad 8. Si obtuviste más de 11 puntos, realiza la actividad 12 de la página 129.

## Actividades complementarias

**Actividad 1:** Describe cómo el fenómeno de reflexión nos permite observar todo lo que nos rodea.

**Actividad 2:** Establece la diferencia que existe entre la reflexión especular y la reflexión difusa.

**Actividad 3:** Vuelve a leer las leyes de la refracción e identifica si se cumplen para la reflexión total.

**Actividad 4:** Elabora fichas de resumen para las imágenes que forman las lentes convergentes y divergentes.

**Actividad 5:** Identifica todas las estructuras del ojo que permiten la refracción de los rayos cuando ingresan a este órgano.

**Actividad 6:** Vuelve a leer las características de la lupa y compárala con el cristalino. Luego, establece si el ojo humano puede ser considerado un instrumento óptico.

**Actividad 7:** Elabora una tabla resumen con los científicos que estudiaron la naturaleza de la luz. Diferéncialos entre los que realizaron estudios teóricos y los que aportaron evidencia experimental.

**Actividad 8:** Relaciona las distintas longitudes de onda, que son parte de la luz visible, con la visión de los colores.



### Actividad 9

Observa esta imagen. Luego, explica por qué el reflejo impide ver los detalles del pavimento.



### Actividad 10

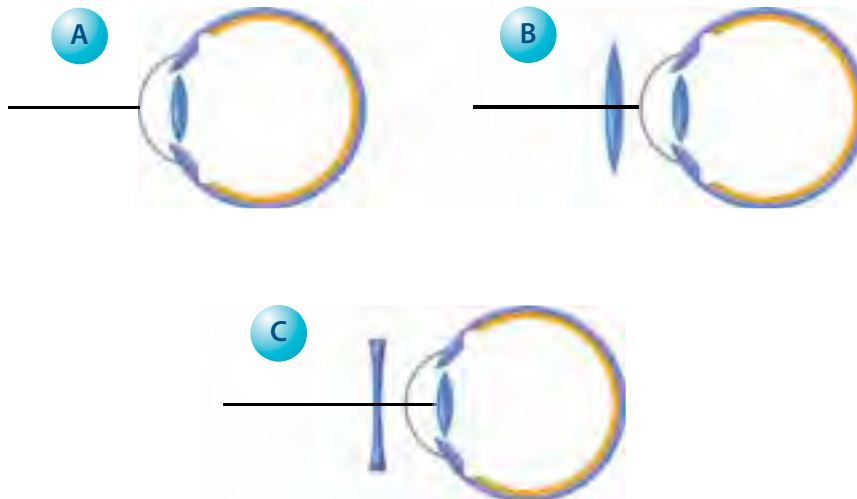
Un rayo de luz viaja por distintos medios, los cuales presentan un aumento gradual de su densidad, según la siguiente expresión:

$$n_1 > n_2 > n_3 > n_4$$

Con la información que acabas de leer, dibuja un diagrama que represente los distintos medios y sus índices de refracción. Además, dibuja el rayo de luz a medida que viaja desde el medio menos denso al más denso.


### Actividad 11

El ojo de la figura A es miope. Dibuja la posición de los rayos de luz que expliquen esta enfermedad. Además, escoge la lente (B o C) que permite corregir esta anomalía y dibuja cómo llegan los rayos a la retina.



### Actividad 12

Observa y analiza las siguientes imágenes:



A continuación, relaciona la propagación rectilínea de la luz y la formación de sombra y penumbra, con el fenómeno de eclipse solar.



# ¿LOS BARCOS FANTASMAS son espejismos?

Como sabes, al variar la temperatura del aire, también varía su índice de refracción, lo que provoca que los rayos de luz se curven, bajen hasta el suelo y vuelvan a subir producto de una reflexión. Esto origina los espejismos inferiores, que hacen que las superficies se vean mojadas, a lo lejos, en las autopistas. Sin embargo, existe otro tipo de espejismo, llamado superior, que se origina cuando el gradiente de temperatura se da al revés, es decir, el aire cercano a la superficie está más frío. Uno de los más complejos es el espejismo fatamorgana, que simula islas, montañas, olas gigantes e incluso barcos que se ven en el horizonte, cuando en realidad no están allí. Este tipo de espejismo explicaría la leyenda de los barcos fantasmas, como el Holandés Errante y el Caleuche.



## ¿Por qué vemos el cielo azul?

La radiación que llega a la atmósfera terrestre tiene toda la gama de las ondas electromagnéticas. La atmósfera, por ejemplo, es opaca a los rayos ultravioleta de alta frecuencia y transparente a la luz visible. Sin embargo, los elementos presentes en la atmósfera, tales como el oxígeno y el nitrógeno, dispersan principalmente el color violeta del espectro visible, seguido del azul, el verde, el amarillo, el naranja y el rojo. Como nuestros ojos son muy sensibles a la frecuencia de la luz azul, observamos la dispersión azul y no violeta. Así notamos la tonalidad del cielo de color azul.



# Fibra óptica en medicina

**L**os endoscopios son instrumentos que se utilizan en medicina para explorar el interior del cuerpo. Estos dispositivos facilitan la detección y el diagnóstico de enfermedades, como también la planificación y la preparación de intervenciones quirúrgicas.

Se conocen dos tipos de endoscopios: los rígidos y los flexibles. Los primeros son pequeños telescopios, de forma tubular, que permiten al cirujano observar las articulaciones o las cavidades del cuerpo. Estos aparatos se complementan con sistemas de cámaras, de modo que el cirujano pueda ver en una pantalla de televisión imágenes muy ampliadas de los tejidos o de los órganos que está operando.

Los endoscopios flexibles utilizan haces de fibra óptica para transmitir imágenes del interior del cuerpo, las que se proyectan en un computador o son observados directamente por un cirujano. En algunas ocasiones, los endoscopios se pueden complementar con otros instrumentos quirúrgicos que facilitan el procedimiento médico.





# 3

# El poder de la naturaleza: sismos y volcanes

## Para comenzar

Comúnmente pensamos que la corteza terrestre es estática. Sin embargo, esta se modifica constantemente. Si retrocedieras en el tiempo, podrías darte cuenta de que hoy la Tierra es muy distinta a como era hace miles de años. Lo anterior indica que, aunque no lo vemos, la Tierra cambia, y seguirá experimentando esos cambios. Observa la imagen y responde estas preguntas:

1. ¿Has visto alguna vez, en directo en televisión, la erupción de un volcán? ¿Cómo describirías lo que ocurre?
2. ¿De dónde crees que proviene el material que expulsa un volcán cuando entra en erupción?
3. ¿Qué relación tendrá el constante cambio de la superficie terrestre con los sismos?





# Me preparo para la unidad

1. Investiga acerca de los volcanes que existen en tu región o en regiones cercanas. Averigua cuándo fue la última vez que alguno de ellos entró en actividad.
2. Busca información relacionada con los terremotos más catastróficos del mundo y compáralos con el que ocurrió en Chile el año 2010. A continuación, discute estas preguntas con tus compañeros:
  - a. ¿Cuál es la diferencia entre la magnitud y la intensidad de un terremoto?
  - b. ¿En qué se diferencia un terremoto de un sismo?, ¿qué parámetros se pueden usar para establecer esta diferencia?

## En esta unidad aprenderás...

### Lección 1: ¿Qué son los sismos?

Comprender los parámetros que describen la actividad sísmica, conocer las escalas sísmográficas y reconocer las medidas de seguridad adoptadas frente a un sismo.

### Lección 2: ¿Qué son los volcanes?

Caracterizar el origen, la dinámica y los efectos físicos de la actividad volcánica, en términos de la liberación y propagación de energía.

### Lección 3: ¿Cómo es el interior de la Tierra?

Caracterizar las distintas capas que forman la Tierra, para explicar diversos fenómenos geológicos.

### Lección 4: ¿Cómo advertimos los cambios en la superficie terrestre?

Identificar las evidencias científicas que respaldan la teoría de la tectónica de placas.



# Lección 1

## ¿Qué son los sismos?

### Necesitas saber...

Cambios y movimientos de la litósfera.

### Propósito de la lección

Se sabe que Chile está ubicado en una zona del planeta que presenta gran actividad sísmica. En esta lección profundizarás acerca de las características que originan los sismos y los parámetros que permiten describir la actividad sísmica.

### Actividad exploratoria

Lee el siguiente relato y luego responde las preguntas:

*El 27 de febrero de 2010, año en que Chile celebró el bicentenario de su independencia, a las 03:34 de la madrugada gran parte del territorio chileno se estremeció con un sismo que alcanzó una intensidad de 8,8 grados en la escala Richter.*

*El terremoto, que abarcó desde la quinta Región de Valparaíso hasta la novena Región del Biobío, incluyendo la Región Metropolitana de Santiago, se convirtió en el segundo más importante que ha azotado al país desde que se conocen registros oficiales, solo superado por el terremoto de Valdivia en 1960. El terremoto de 2010 provocó pérdidas millonarias en infraestructura pública y privada. En ese momento se proyectaba que las reparaciones durarían al menos varios meses.*

**Fuente:** <http://www.eclac.org/desastres/noticias/noticias/1/40941/2010-193-Terremoto-Rev1.pdf>

1. ¿Qué crees que causa los sismos?
2. ¿Cuál crees que es la diferencia entre un sismo y un terremoto?
3. ¿A qué se referirá el párrafo con la frase “el terremoto tuvo una intensidad de 8,8 grados”?
4. Haz memoria de lo que ocurrió esa noche con tu familia y cómo reaccionaron frente al sismo. Luego, imagina el terremoto de 1960 y escribe un relato que evidencie efectos más graves que los vividos el 27 de febrero de 2010.

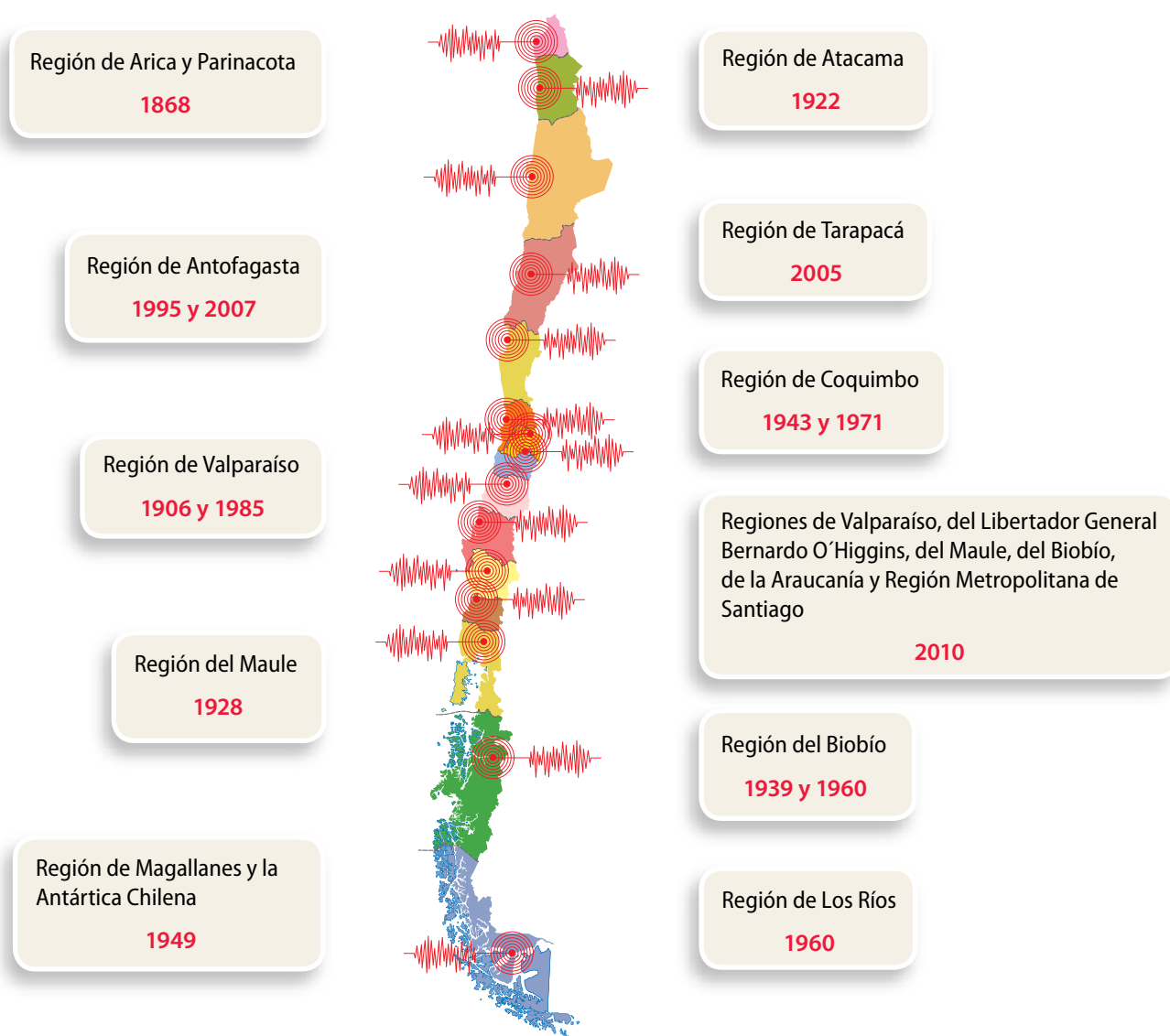


## Sismos en Chile

En cualquier país sísmico se pueden determinar diferencias en cuanto al tipo de eventos sísmicos y a su frecuencia. Existen zonas donde pueden ocurrir muchos sismos, pero de tamaño pequeño; en cambio, en otros sitios ocurren pocos sismos, pero de gran tamaño. En Chile se producen sismos todos los días, siendo la mayoría de ellos imperceptibles para la comunidad, pero medibles por instrumentos especializados. Cada cierto tiempo se producen sismos muy intensos, llamados comúnmente “terremotos”, que causan grandes daños tanto en la geografía como en la infraestructura de las localidades afectadas.

Según el Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, un sismo corresponde al proceso de generación de ondas y su posterior propagación por el interior de la Tierra. Al llegar a la superficie, estas ondas se perciben tanto por la población como por las estructuras.

En la siguiente imagen se muestran algunos de los sismos más destructivos ocurridos en distintas regiones de Chile, entre 1868 y 2010.





## Para saber

La vibración que se genera en el hipocentro es similar a la que percibes en tus manos antes de quebrar una varilla de madera.



## Características de los sismos

Como aprendiste en años anteriores, un sismo corresponde a movimientos bruscos que experimenta la superficie terrestre producto de la liberación de grandes cantidades de energía acumulada en el interior de la Tierra. El movimiento se debe a las vibraciones o a roturas que se originan en la corteza terrestre como consecuencia de la energía liberada.

La mayor parte de los sismos ocurren debido al desplazamiento o ruptura de grandes masas de roca. Lo anterior hace que se produzcan **vibraciones** muy intensas, que se prolongan durante varios segundos, o incluso varios minutos. Cuanto más frías y rígidas son las rocas que se desplazan o se fracturan, más intensas son las vibraciones que se originan.

Dependiendo de la amplitud del movimiento, es decir, del desplazamiento, velocidad y duración, el sismo será más o menos intenso.

El siguiente esquema muestra lo que ocurre cuando se produce un sismo:

Las fallas son grietas que se ubican en los bordes de las placas de la corteza terrestre. Se originan por fracturas en la roca.

El punto de la superficie terrestre situado justo sobre el hipocentro es el **epicentro**, y es el punto donde el sismo se percibe primero y con mayor intensidad.

Ondas producidas por el sismo.

El lugar donde se produce la rotura recibe el nombre de **hipocentro** o **foco sísmico**.

## Tipos de ondas originadas por los sismos

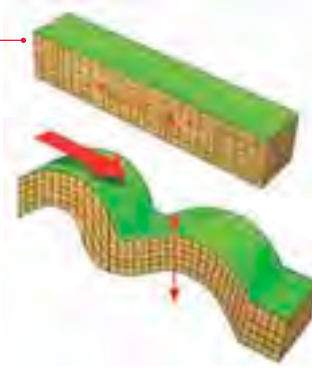
Las vibraciones producidas en el foco sísmico se transmiten bajo la superficie de la Tierra en todas direcciones, en forma de **ondas sísmicas**. Se reconocen dos tipos de ondas, llamadas **ondas de cuerpo**, que se propagan por el interior terrestre. Estas son las **ondas primarias (P)** y las **ondas secundarias (S)**.

### Recuerda **que**

Una onda es una perturbación que tiene la capacidad de propagarse.

#### Ondas P

Son ondas longitudinales que viajan en la misma dirección en la que se mueven las partículas, a gran velocidad. Se transmiten tanto en medios sólidos como líquidos, por lo que cruzan todo el planeta.

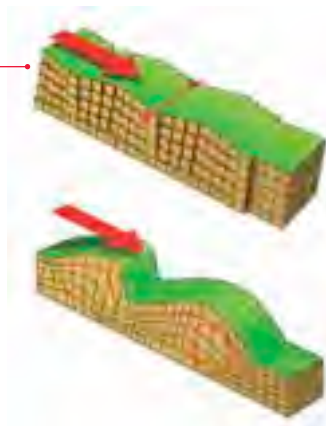


#### Ondas S

Son ondas transversales, más lentas que las ondas P, y se propagan perpendicularmente al movimiento de las partículas. Se transmiten solo en medios sólidos, por lo tanto, cuando llegan al núcleo terrestre son absorbidas y desaparecen.

Al llegar a la superficie, las ondas P y S originan **ondas superficiales**, que son las que producen los daños. Estas son las **ondas L (Love)** y las **ondas R (Rayleigh)**.

Las ondas *Love* producen un movimiento de corte, perpendicular a la expansión del movimiento. Si bien son más lentas que las descritas anteriormente, son las que producen mayores daños en las estructuras debido a su movimiento.



Las ondas Rayleigh presentan un movimiento elíptico bajo la superficie, similar a las ondas que se producen en el mar. Por esto, en la superficie se observa una ondulación. Estas también son más lentas que las ondas P y S.

Dirección de la onda



Dirección del movimiento de las partículas de la roca



### Actividad 1



Lee el siguiente texto y luego responde las preguntas.

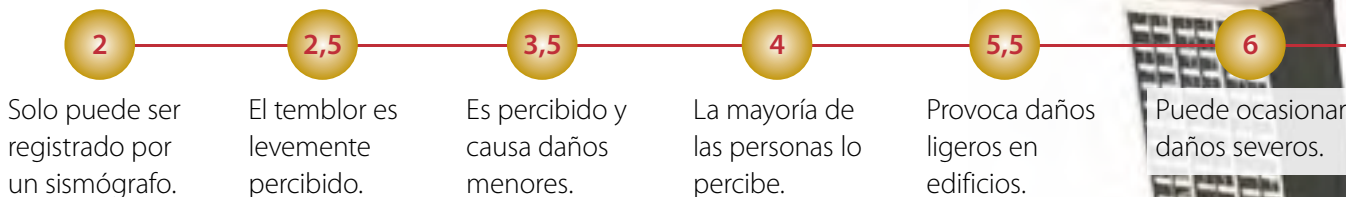
Según la profundidad a la que ocurren los sismos, estos pueden ser superficiales (desde la superficie terrestre hasta unos 60 km de profundidad), de foco intermedio (entre 60 km y 300 km de profundidad) y de foco profundo (desde 300 km a 700 km de profundidad).

1. **Infiere** si todos los sismos descritos antes se perciben de igual forma.
2. Con respecto al texto, **relaciona** la profundidad del sismo, con su hipocentro y con la forma en que es percibido por las personas.

## Magnitud e intensidad de un sismo

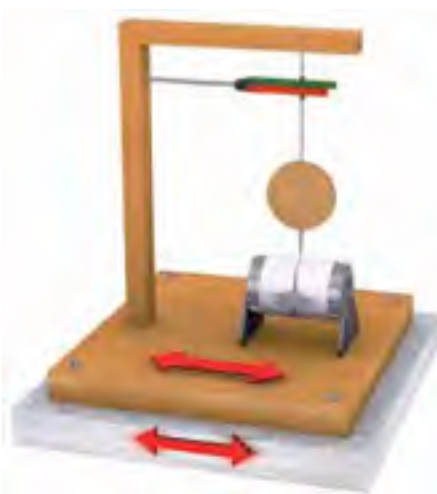
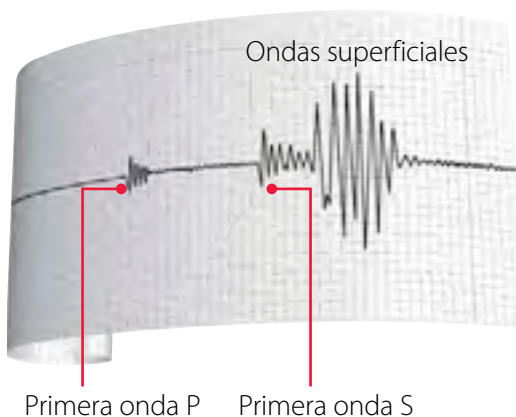
Un sismo se describe usando dos parámetros básicos. Cuando se considera la energía que se libera durante el sismo, se está describiendo la **magnitud**. Esta se mide con la **escala de Richter**, que no tiene límite superior. El sismo de mayor magnitud registrado ocurrió en el año 1960, en la ciudad de Valdivia, y alcanzó una magnitud de 9,6.

### Escala de Richter



### ¿Qué es un sismógrafo?

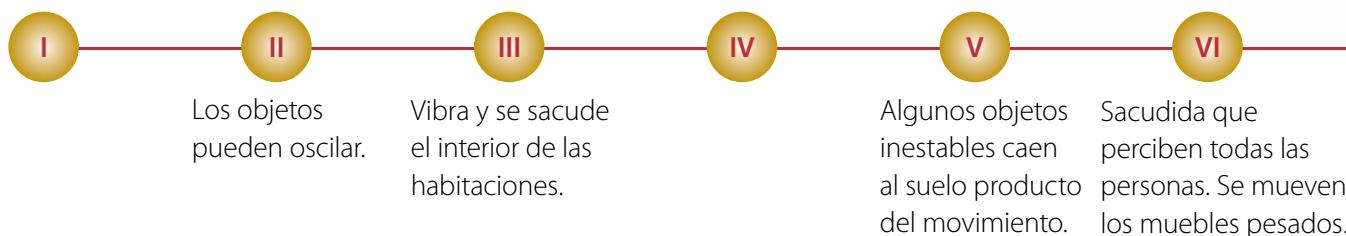
El principio básico de un sismógrafo es el péndulo en movimiento. Sin embargo, en la actualidad se utiliza una masa sujeta a una barra horizontal, que puede oscilar libremente de un lado a otro cuando la tierra se sacude. Cuanto más fuerte es el temblor, más amplios son los vaivenes de la masa. Este movimiento se registra en papel o de manera digital (en una computadora) y arroja un gráfico llamado **sismograma**.



### Análisis de un sismograma

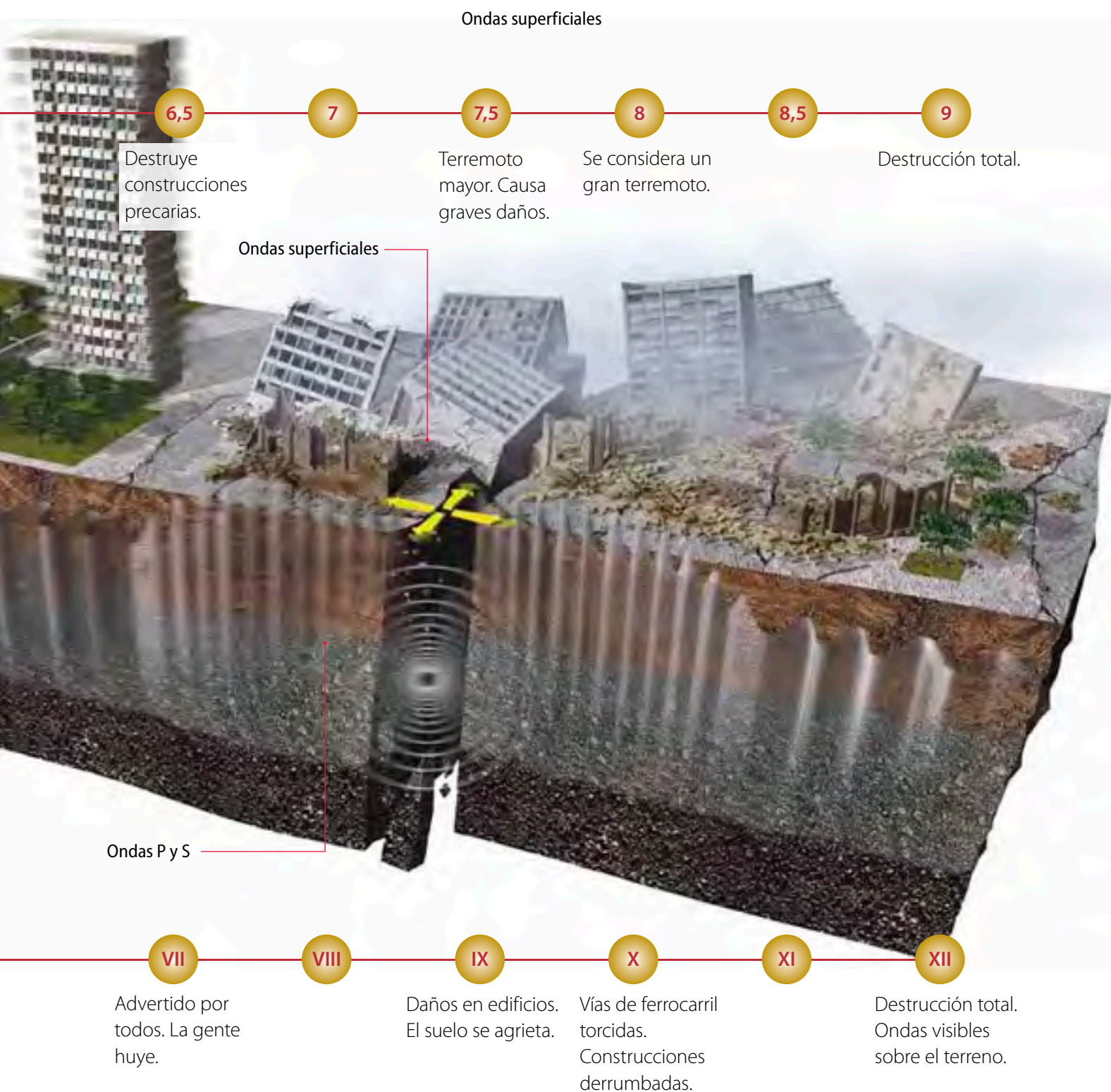
Las primeras ondas que se registran en un sismograma son las ondas P, que se propagan a mayor velocidad que las ondas S y las ondas superficiales. El retardo de las ondas S con respecto a las ondas P es proporcional a la distancia recorrida.

### Escala de Mercalli





La **intensidad** de un sismo corresponde a la percepción del mismo, y a la estimación de los daños que ocasiona. Este parámetro se mide con la **escala de Mercalli**; esta tiene doce grados y se representa con números romanos.





Identificar el epicentro de un sismo

Situación problema

Tres estaciones de monitoreo de nuestro país detectaron un sismo entre las regiones del Biobío y Los Ríos. Con los datos recolectados, obtuvieron que las distancias entre estas estaciones y el epicentro del sismo fueron las siguientes: Concepción: 210 km, Angol: 130 km y Valdivia: 140 km. ¿Cómo se determina el epicentro del sismo?

Entender el problema e identificar las variables

Si se conoce la distancia al epicentro de al menos tres estaciones diferentes, se puede complementar la información para conocer el punto exacto donde se originó el sismo.

Registrar los datos

De acuerdo con lo anterior, se conoce la distancia entre las estaciones de monitoreo y el epicentro. Observa la siguiente tabla:

Estación sismográfica	Distancia de la estación de monitoreo al epicentro (km)
Concepción	210
Angol	130
Villarrica	140



Aplicar el modelo

Con ayuda de un compás y de la escala graduada en la imagen, se dibujan tres circunferencias cuyo centro corresponde a las estaciones de monitoreo.

El radio de cada una de ellas será igual a la distancia calculada entre cada estación y el epicentro. Observa la imagen.

Redactar una respuesta

El epicentro del sismo se sitúa en las costas de la Región de La Araucanía, a la altura de la ciudad de Temuco, tal como se muestra en la imagen.

Ahora Tú

Las mismas estaciones de monitoreo detectan otro sismo. Calcula el epicentro tomando en cuenta los siguientes datos:

Estación sismográfica	Distancia estación de monitoreo-epicentro (km)
Concepción	315
Angol	225
Villarrica	137

## Minitaller científico 1

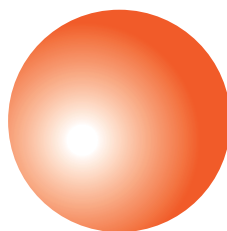
Te proponemos que representes ondas sísmicas. Junto con dos o tres compañeros consigan dos trozos de cartón piedra de 10 x 15 cm, un recipiente rectangular, jalea en polvo y casas pequeñas de juguete. Luego, sigan las instrucciones:

1. Con la ayuda de un adulto, preparen la jalea en el recipiente. Cuando se haya endurecido, mojen con agua tibia la base del recipiente para desmoldarla.
2. Dispongan los cartones uno al lado de otro y pongan la jalea sobre ellos.
3. Distribuyan las casas de juguete sobre la jalea, de modo que ocupen toda la superficie.
4. Muevan los cartones hacia adelante y hacia atrás, hacia los costados, alternándolos, y finalmente en forma ondulatoria, imitando las olas del mar. Observen el movimiento de las casas para luego responder estas preguntas.



- a. ¿Qué tipo de ondas sísmicas representaron?
- b. ¿Pueden afirmar que todas las ondas sísmicas provocan el mismo efecto en la superficie terrestre? ¿Qué aspectos, de los que han aprendido, les sirven para responder esta pregunta?
- c. Frente a un sismo, ¿cuál de las ondas representadas ocasiona mayor destrucción?
- d. ¿Qué ocurriría en la superficie terrestre si las ondas que representaron se produjeran al mismo tiempo? Planteen una predicción.

Una característica importante de la escala de Richter es que el aumento de sus valores no es constante. Cada punto de aumento puede significar 10 o más veces la magnitud de las ondas (vibración de la tierra), pero la energía liberada aumenta unas 30 veces. Esto último significa que una magnitud 4 en la escala de Richter no es el doble de 2, sino que es 100 veces mayor.



Magnitud 6



Magnitud 5



Magnitud 4

Los tamaños indican que un sismo de magnitud 6 en la escala Richter es 32 veces más fuerte que uno de magnitud 5 y 1 000 veces más fuerte que uno de 4 grados.

## Trabaja con TIC



Ingresa al sitio web

[http://recursos.encicloabierta.org/telesecundaria/2tls/2\\_segundo/2\\_Fisica/2f\\_b01\\_proyecto\\_flash/index.html](http://recursos.encicloabierta.org/telesecundaria/2tls/2_segundo/2_Fisica/2f_b01_proyecto_flash/index.html)

y podrás observar una simulación relacionada con la medición de los sismos. Pon atención en las escalas de medición y en la función del sismógrafo.

# Lección 1

## Para saber

El sismo que sacudió a Japón en marzo de 2011 registró 8,9 grados en la escala de Richter. La energía liberada superó 60 veces la energía que liberó la bomba atómica de Hiroshima.

## Origen de un tsunami

La palabra *tsunami* proviene del japonés y significa “gran ola en el puerto”; desde hace algunos años se ha adoptado en la mayoría de las lenguas para hacer referencia a los disturbios en las masas oceánicas, producidos por maremotos, erupciones de volcanes submarinos o sismos oceánicos.

Muchos de los *tsunamis* son resultado de los sismos, ya que usualmente estas olas grandes y devastadoras se producen cuando el epicentro de un sismo está ubicado en las profundidades del océano.

1

El desplazamiento de las placas tectónicas puede generar el hipocentro de un sismo en el subsuelo oceánico. Este movimiento brusco se traslada al agua del océano y forma las ondas concéntricas del *tsunami*.

4

Cuando las olas de un *tsunami* se generan en lugares donde el océano tiene más de 6 000 m de profundidad, las ondas pueden viajar a la velocidad de un avión comercial, o sea, a 800 km/h. Esto les permite desplazarse de un extremo al otro del océano en un día, como en el *tsunami* que se produjo en la falla de la costa de Chile en el año 2010, que viajó hasta Japón.

3

A medida que las olas se acercan a la costa donde las aguas son menos profundas, su altura crece y rápidamente disminuye la distancia entre ellas.

5

Al llegar a la playa, las olas pueden medir hasta 30 m de altura.

2

En el océano profundo, cerca del epicentro de un sismo, las olas no son muy altas. Miden unos 50 cm, y sus crestas se encuentran a una distancia entre una y otra de aproximadamente 100 km.

6

Cuando tocan tierra, las grandes olas inundan la superficie de la costa arrastrando prácticamente todo lo que encuentran a su paso.



## Medidas de seguridad frente a un sismo

Es imposible predecir el momento en que ocurrirá un sismo. Por ello, es necesario tener una cultura que permita reaccionar bien frente a un sismo y prevenir accidentes. Hay ciertas medidas que se recomiendan para las escuelas, lugares de trabajo y hogares que contribuyen a reducir el impacto y los daños que puede causar en la comunidad.

A continuación se resumen algunas acciones recomendadas por la **Oficina Nacional de Emergencia (ONEMI)**, que se pueden llevar a cabo antes, durante y después de ocurrido un sismo.

	Identifica siempre las zonas de seguridad de tu casa, colegio o lugar de trabajo.		No camines descalzo.		Si estás en la locomoción colectiva, permanece sentado. Si vas de pie, sostente firmemente del pasamanos.
	Aléjate de muebles, lámparas y ventanas.		Si estás en una silla de ruedas, frénala y protege tu cabeza con tus brazos.		Si estás al aire libre, aléjate de edificios, cables eléctricos y postes de luz.
	Permanece dentro de tu hogar. Si necesitas salir, usa las escaleras en lugar del ascensor.		Si se corta la luz, usa linternas, no utilices velas ni fósforos.		Mantente informado con una radio a pilas.
	Si estás en un lugar de asistencia masiva, protege tu cabeza con tus brazos o métete debajo del asiento.		Cierra las llaves de agua y gas una vez terminado el evento.		

### ACTIVIDADES DE cierre

Luego de haber estudiado esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. Afirmar que un sismo fue "muy intenso" ¿corresponde a una explicación científica? ¿Cómo **justificarías** tu respuesta?
2. **Explica**, utilizando lo que sabes acerca de las escalas que miden los sismos, qué significa que un sismo haya sido de intensidad VI en la escala Mercalli.
3. **Dibuja** un plano de tu casa e identifica, junto con tu familia, los lugares más seguros para refugiarse en caso de un sismo. Además, establezcan un plan de acción para enfrentar una emergencia sísmica.
4. Junto con tu curso, **averigüen** qué acciones de emergencia y seguridad contempla el Plan Cooper del Ministerio de Educación y hagan un afiche que resuma los principales pasos que deben seguir frente a un sismo en la escuela. Luego, péguenlo en un lugar visible de la sala de clases.



# ¿Qué son los volcanes?

### Necesitas saber...

Cambios que ocurren en la litósfera; aspectos relacionados con erupciones volcánicas.

### Propósito de la lección

Los volcanes son la demostración de que el interior de la Tierra no es estático, sino que presenta gran actividad. Las explosiones y el material que emana de un cráter volcánico suele ser un atractivo espectáculo para quienes lo observan desde lejos, y un peligro latente para quienes viven en las cercanías. En esta lección aprenderás el origen y las características de la actividad volcánica.

### Actividad exploratoria

1. Junto con dos compañeros, busquen un mapa de Chile donde aparezcan los volcanes que existen en nuestro territorio. Luego, identifiquen cuántos de ellos se ubican en su región, cuándo entraron en actividad por última vez y los daños que provocó su erupción tanto en la población como en el ambiente.
2. Observa la imagen. Esta corresponde a la erupción del volcán Chaitén, ocurrida en mayo de 2008. A continuación, responde estas preguntas:
  - a. ¿Crees que, a diferencia de un sismo, una erupción volcánica se puede predecir? Discutan en grupo.
  - b. ¿Qué hecho, observable por la población, podría mostrar que un volcán entró en actividad?
  - c. ¿De dónde crees que surge el material que emana desde un volcán?



### Actividad interna de la Tierra

Cuando hierve la leche o la sopa, se produce vapor y espuma y, en ocasiones, se derrama el líquido del recipiente que los contiene. De manera similar, el calor interno de la Tierra se manifiesta en la superficie. Las erupciones volcánicas son una prueba de que al interior de la Tierra la temperatura es tan alta que funde las rocas. Cuando este material fundido emerge hacia la superficie terrestre u oceánica, se acumula y forma los **volcanes**.

## Volcanes en Chile

Chile posee una gran cantidad de volcanes. A lo largo de su territorio, específicamente en la cordillera de los Andes, existen aproximadamente 3 000 volcanes, de los cuales 500 son considerados geológicamente activos. En los últimos 450 años se han producido más de 300 erupciones volcánicas, lo que nos indica que la actividad volcánica es frecuente en nuestro país.

En Chile, los volcanes se dividen según su ubicación geográfica:

Volcán Llaima



Los volcanes de la Zona Centro y Sur son los más activos del país. De acuerdo con algunos estudios, en una época prehistórica estos presentaron grandes erupciones, expulsando torrentes de ceniza incandescente que llegaron hasta la cordillera de la Costa.



Volcán Parinacota



Los volcanes del Norte Grande son menos activos que los de la Zona Centro y Sur del país, y se encuentran, por lo general, lejos de lugares poblados.

Volcán Lautaro



Los volcanes australes tienen grandes y gruesos casquetes de hielo. La mayoría de ellos se encuentra lejos de lugares poblados, y sus erupciones muestran escasa cantidad de lava.

Los volcanes insulares se encuentran en el Territorio Antártico Chileno. La isla Decepción, llamada también "la gran caldera", se considera un foco muy dinámico de actividad volcánica en los últimos tiempos.



## Descripción de un volcán

### Actividad 2



**Averigua** acerca de la explosión volcánica ocurrida en la isla Krakatoa, en 1883. Luego **describe** lo que allí ocurrió y explica por qué se considera una de las erupciones volcánicas más grandes del mundo.

Los volcanes son **estructuras geológicas** formadas por rocas fundidas y fragmentadas debido al calor que proviene del interior de la Tierra, que emergen hacia la superficie. Son intermediarios que comunican directamente la superficie con los niveles más profundos de la corteza terrestre.

Cuando un volcán entra en erupción, expulsa gran cantidad de material caliente llamado **magma**. El magma es una mezcla de roca fundida y gases. La mayoría se forma en el interior de la corteza terrestre, y asciende hacia la superficie.

Ningún volcán es idéntico a otro. Algunos jamás han erupcionado, mientras que otros se mantienen en constante actividad. Sin embargo, existen características comunes a todos:

Nube de cenizas

El **cráter** es la cavidad que se encuentra en la cima del cono volcánico. Desde allí emerge el magma convertido en lava.

La **chimenea** es un conducto que dirige el magma hacia el exterior. Cuando el material magmático asciende por la chimenea, la presión interna aumenta. Esto hace que en los alrededores se produzcan pequeños sismos.

Cuando la lava se enfría, se solidifica y forma el **cono** del volcán, junto con el material solidificado en erupciones anteriores.

Chimenea lateral

Por la **cámara magmática** asciende el material del manto hacia la corteza terrestre.

Magma

## Productos volcánicos

En una erupción volcánica se expulsan materiales que se encuentran en los tres estados de la materia:

- **Gases.** Los más abundantes son el dióxido de carbono y el vapor de agua. Se expulsan también gases de azufre y monóxido de carbono.
- **Líquidos.** La lava es roca fundida, que ha perdido los gases al llegar a la superficie. Se vuelve más fluida mientras más alta es su temperatura. Cuando está a más de 1 000 °C fluye bien y forma mantos de lava o coladas muy extensas, que avanzan rápidamente. Cuando está a menos de 700 °C es muy viscosa y avanza lentamente.
- **Sólidos.** Reciben el nombre de **piroclastos** y corresponden a fragmentos de rocas que son lanzados al aire. Algunos salen del volcán en estado líquido y solidifican por la temperatura (más baja) del aire.



### Conexión con ... Literatura

En 1864, el escritor Julio Verne sorprendió al público con una novela de ciencia ficción llamada *Viaje al centro de la Tierra*.

Lee los capítulos IV, V y VI e interpreta qué elementos de esta narración podrían corresponder a la realidad y cuáles a la fantasía propia del género narrativo.

## Minitaller científico 2

Como sabes, la erupción de un volcán se produce por liberación de energía proveniente de las profundidades de la Tierra. A continuación podrás representar la actividad de un volcán.

Junto con dos compañeros, consigan una botella de plástico pequeña, un trozo de cartón piedra, vinagre, bicarbonato, greda, una cuchara de té y cola fría. Luego, sigan estos pasos:



1. Peguen la base de la botella al centro del cartón con la cola fría.
2. Moldeen la greda y dispónganla alrededor de la botella, simulando el cono de un volcán. Procuren dejar despejada la boca de la botella.
3. Viertan tres cucharadas de bicarbonato en la botella.
4. Con cuidado, agreguen el vinagre y observen lo que ocurre.

Luego, respondan estas preguntas:

- a. Expliquen qué aspectos de este modelo sirven para representar lo que ocurre en un volcán real.
- b. ¿Qué ocurriría si, inmediatamente después de colocar el vinagre en la botella, la taparan?, ¿cómo se relaciona esto con una erupción volcánica?
- c. Piensen en la consistencia de la "lava" que emanó desde su modelo de volcán. Repitan los pasos anteriores y busquen algún líquido que permita dar mayor consistencia a esta lava. Luego, observen lo que ocurre y comparen este resultado con lo que obtuvieron anteriormente.

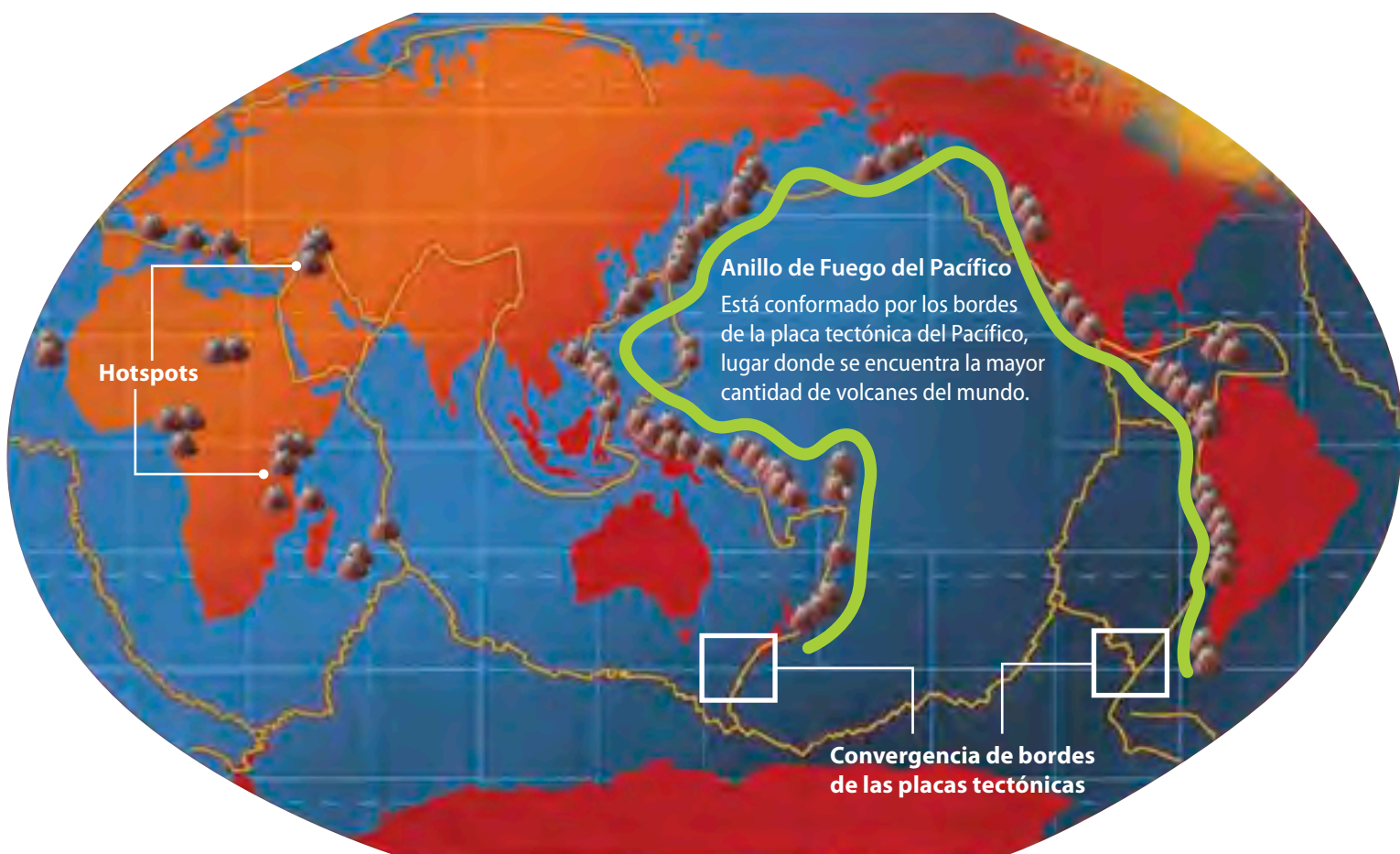


### Puntos candentes o *hotspots*

Algunos sitios del planeta son más propensos a presentar actividad volcánica, debido a que en esos lugares convergen placas tectónicas, aspecto que profundizarás en las próximas lecciones.

En las costas del océano Pacífico hay una región denominada **“Anillo o Cinturón de Fuego”**, que debe su nombre a la alta concentración de volcanes que allí existen. En esos lugares, la corteza continental es más débil, lo que permite que el magma pueda abrirse paso y subir a la superficie.

Los **puntos candentes o *hotspots***, corresponden a regiones que manifiestan una actividad volcánica mayor que sus alrededores; son de naturaleza distinta, es decir, no se ubican necesariamente en la convergencia de los bordes de placas tectónicas.



### Actividad 3



Es sabido que hay numerosos volcanes muy peligrosos que se ubican en sectores con gran densidad poblacional. Piensa en esta situación: durante una gran erupción, la lava que emana de un volcán se solidifica rápidamente a medida que avanza. Si vivieras cerca de este volcán, ¿podrías afirmar que te encuentras a salvo debido a que la lava no alcanza la ciudad? ¿Cómo podrías **justificar** tu respuesta?

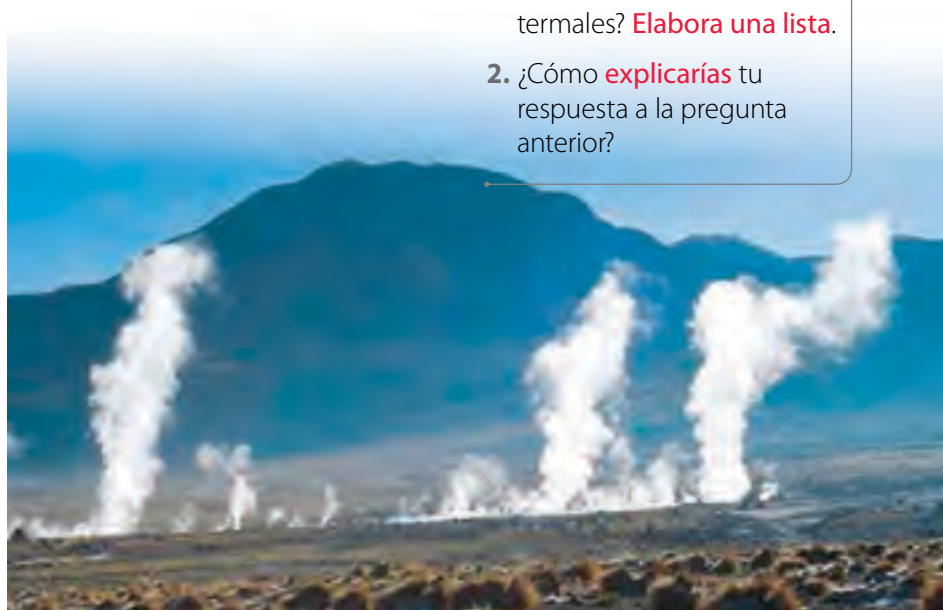
## Consecuencias de la actividad volcánica

Las regiones que presentan volcanes comúnmente son consideradas riesgosas por el peligro latente de que ocurra una erupción. Sin embargo, estos lugares también representan un atractivo turístico por las características y fenómenos que se asocian a su actividad volcánica. Algunos de estos atractivos son las **aguas termales** y los **géiseres**.

Las fuentes termales son aguas que provienen de capas subterráneas de la Tierra, a altas temperaturas, ricas en minerales. Los géiseres también son consecuencia de la actividad volcánica. A través de fisuras, son expulsados agua y vapor a altas temperaturas, debido al contacto con la roca volcánica caliente. La altura de los géiseres puede alcanzar los 100 m.



En países como Islandia, los géiseres también son aprovechados para la producción de energía geotérmica.



En la Región de Antofagasta, a unos 90 km de San Pedro de Atacama se encuentran los géiseres del Tatio, lugar de gran atractivo turístico.

### Actividad 4



Investiga en la Web información relacionada con las fuentes termales que existen en Chile. Determina en qué regiones del país se encuentran. Luego, responde estas preguntas:

1. ¿En qué regiones es más frecuente encontrar fuentes termales? **Elabora una lista.**
2. ¿Cómo **explicarías** tu respuesta a la pregunta anterior?



### Conexión con... Historia

La erupción del volcán Vesubio es considerada una de las peores catástrofes naturales de la historia de la humanidad. En el año 79, a mediodía, un manto ardiente de lava sepultó las ciudades de Pompeya y Herculano, cerca de la bahía de Nápoles, en Italia. Estas ciudades quedaron cubiertas por una capa de 25 metros de cenizas volcánicas. Actualmente, las ruinas de Pompeya retratan el desastre y las consecuencias que provocó la furia del Vesubio.





## Medidas de seguridad frente a una erupción volcánica

### Para saber

Una colada de lava es un manto de roca fundida que emana de un volcán durante una erupción.

Cuando el magma penetra en diferentes fracturas de la superficie terrestre a la vez, se producen muchos sismos simultáneamente. Estos se conocen como enjambres sísmicos.

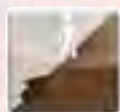
Como sabes, las erupciones volcánicas suelen tener un efecto devastador para las localidades y la población. La nube de ceniza, las coladas de lava y las emanaciones de gases tóxicos pueden cubrir grandes extensiones de terreno, contaminando el aire y arrasando con toda la vida que encuentran a su paso. Los enjambres sísmicos y la emanación de gases pueden alertar sobre una posible erupción. Sin embargo, siempre hay que estar preparados. A continuación conocerás algunas medidas de prevención y protección frente a la actividad volcánica, sugeridas por ONEMI.



Trasládase con tu familia a una zona de seguridad. Vuelve a tu hogar cuando las autoridades te indiquen que es seguro hacerlo.



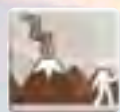
Cierra todas las ventanas, puertas y conductos de ventilación de tu vivienda.



Aléjate de los fondos de valle. Dirígete a lugares en altura por las vías de evacuación establecidas.



Desconecta la energía eléctrica y cierra las llaves de paso de agua y gas.



Aléjate de las áreas donde sopla el viento que proviene del volcán.



Cubre con paños húmedos los espacios alrededor de las ventanas y puertas.



Si te encuentras en una zona de riesgo, mantén la calma y prepárate con tu familia para evacuar cuando las autoridades te lo indiquen.



No salgas de tu casa y respira a través de un paño húmedo. También protégete usando anteojos.



Mantente informado con una radio a pilas.

### ACTIVIDADES DE cierre

Luego de haber estudiado esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. **Imagina** dos ollas, una con agua y otra con un puré espeso, ambas hirviendo. A continuación, responde estas preguntas:

- ¿Cuál salpica más al perder las burbujas de vapor? **Explica**.
- Describe qué magma se parece más al agua hirviendo: uno muy caliente o uno más frío. También **explica** cuál se parece más al puré.

2. Observa los dibujos. Luego, **infiera** en cuál de los tres casos de erupción volcánica la temperatura del magma es mayor, intermedia y baja, respectivamente.



## Interpretar gráficos

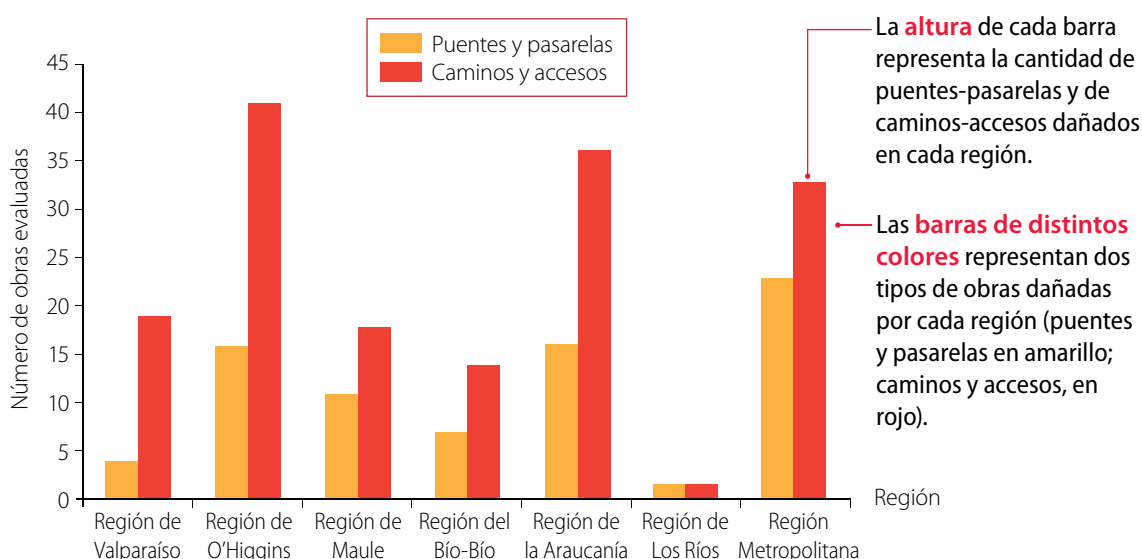
Una de las formas más visuales de analizar e interpretar la información es la representación gráfica de datos. Existen distintos tipos de gráficos: circulares, de barra, de puntos, etc.

En los gráficos cartesianos se representan variables en un par de ejes perpendiculares (X e Y). Para interpretar la información de un gráfico, debes leerlo atentamente. Así comprenderás lo que representa. Observa el siguiente ejemplo:

### ¿Qué información se puede obtener de un gráfico de barras?

El **título** relaciona las categorías involucradas (número de obras dañadas en función de cada región considerada).

#### Daños en distintas obras durante el terremoto de febrero de 2010

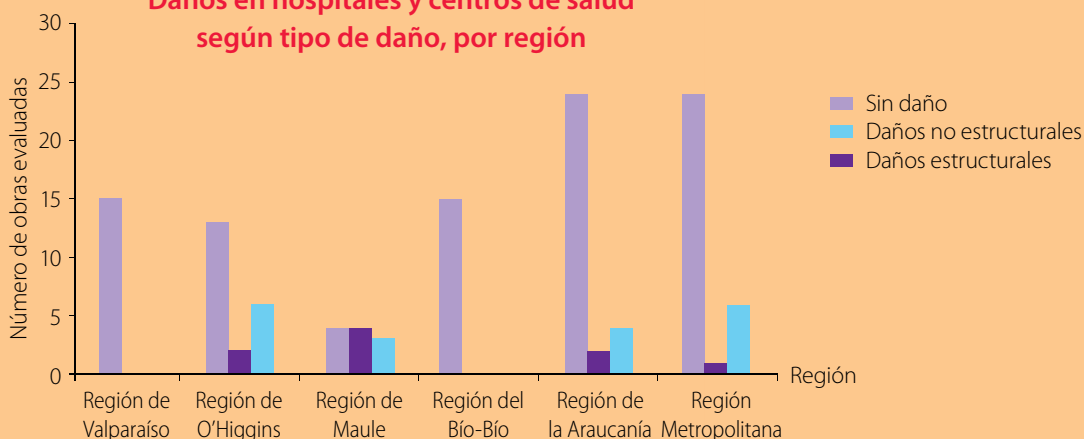


No olvides que, antes de elaborar un gráfico e interpretar los datos que representa, estos se ordenan en tablas.

### Ahora tú

A continuación, interpreta la información del siguiente gráfico. Además, elabora dos ideas que no se puedan extraer de él.

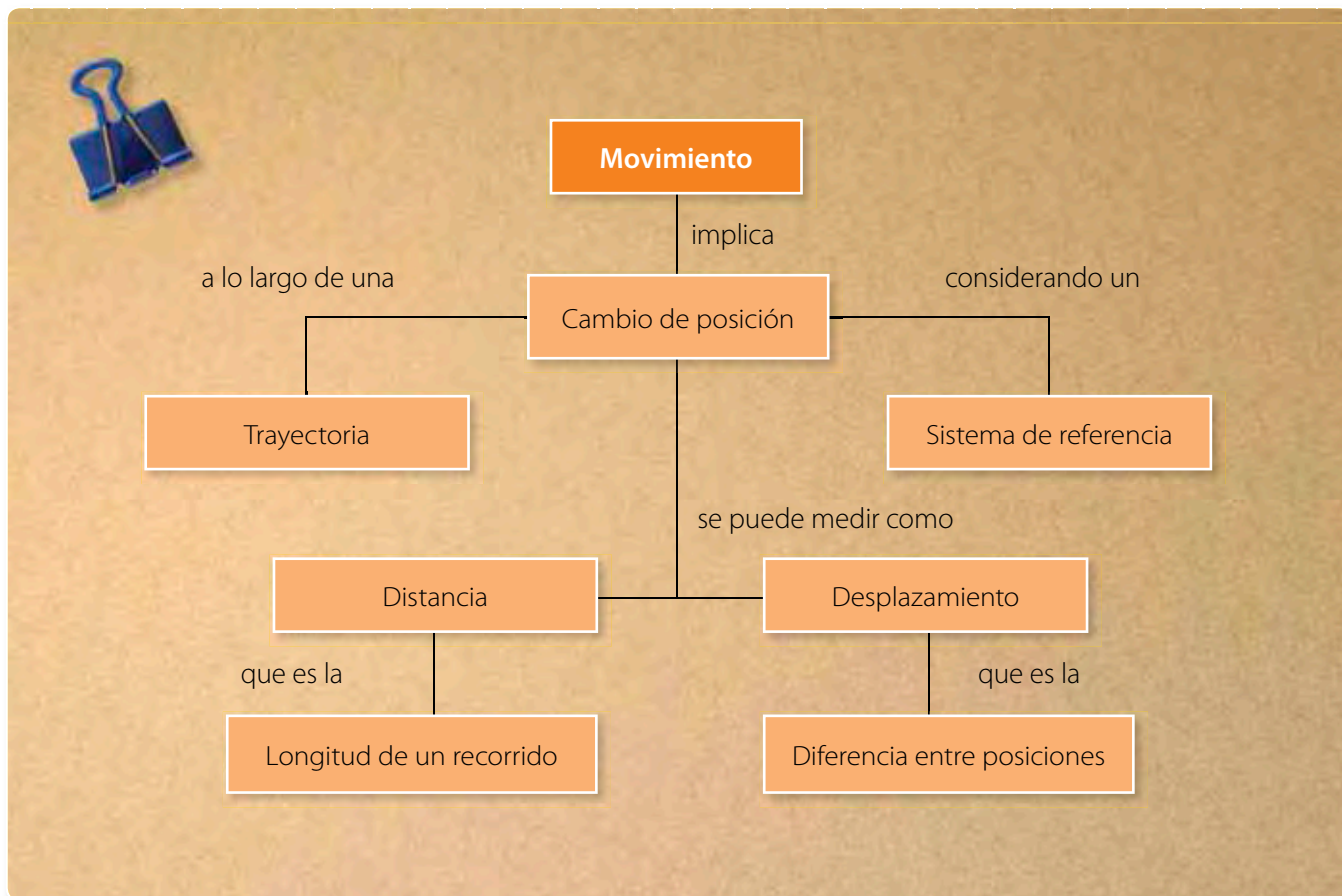
#### Daños en hospitales y centros de salud según tipo de daño, por región





## Organizando lo aprendido

1. Observa este ejemplo de organizador gráfico. Representa un mapa conceptual con términos llamados conectores, que asocian ideas.



2. A continuación, elabora tu propio mapa conceptual con los términos más importantes de las *lecciones 1 y 2*. Usa los siguientes conceptos e incluye otros si te parece necesario.

Sismos – terremotos – *tsunamis* – volcanes – escala de Mercalli – escala de Richter – magnitud – intensidad – medidas de prevención

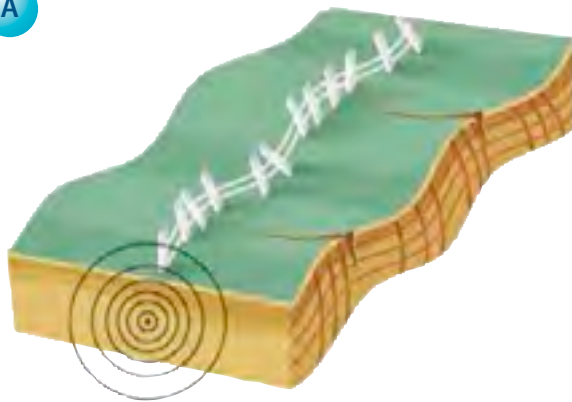
## Actividades

1. Observa la estructura de un volcán. ¿Qué tipo de erupción será más peligrosa, aquella que arroja material caliente por la chimenea principal o aquella que hace explotar varias chimeneas laterales? ¿En qué te basaste para responder esta pregunta?

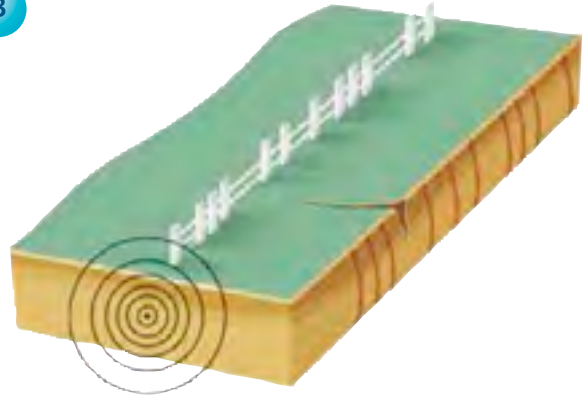


2. Piensa en cómo se origina un tsunami. La percepción de este evento y sus efectos ¿serán los mismos para unos bañistas en la playa que para unos pescadores en alta mar?
3. ¿Por qué es importante medir un sismo utilizando tanto la escala de Mercalli como la de Richter? ¿Qué ocurriría si se midiera solo mediante la escala de Mercalli?
4. Observa las imágenes e identifica el tipo de onda que representan y cuál de ellas produce más destrozos durante un sismo.

A



B

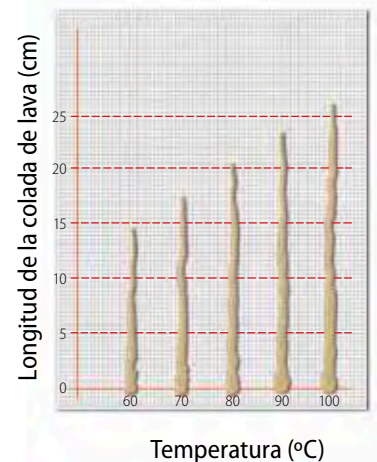


5. La cera, al igual que la lava, presenta más o menos fluidez dependiendo de su temperatura. Como sabes, se puede usar este material para simular coladas de lava, y observar su viscosidad según su temperatura. Imagina que realizas el siguiente experimento y obtienes los resultados que muestra la última imagen.

### Procedimiento



### Resultado



- a. Elabora una tabla con los resultados obtenidos.
- b. Luego, elabora un gráfico de barras y compáralo con la hoja de resultados.
- c. ¿Qué elementos agregaste a tu gráfico, que lo diferencian de la hoja de resultados?
- d. ¿Qué información entrega tu gráfico?
- e. ¿Qué información no es posible obtener del gráfico que confeccionaste? Escribe dos ejemplos.

# ¿Cómo es el interior de la Tierra?

### Necesitas saber...

Actividad sísmica, volcánica y aspectos relacionados con la estructura interna de la Tierra.

### Propósito de la lección

A lo largo de la historia, el ser humano ha sido testigo de las fuerzas de la naturaleza. Los sismos y las erupciones volcánicas son consecuencia de fenómenos que ocurren en las profundidades de nuestro planeta. En esta lección conocerás la estructura interna de la Tierra y su comportamiento, aspectos que permitan explicar la actividad sísmica y volcánica.

### Actividad exploratoria

En parejas, consigan los siguientes materiales: un vaso de precipitado grande, agua y trozos de plumavit. También tendrán que utilizar un mechero. Por esto, su profesor lo encenderá y pondrá el vaso sobre él.



A continuación, sigan estos pasos:

1. Agreguen agua al vaso de precipitado hasta cubrir tres cuartos de su capacidad.
2. Corten con sus manos el trozo de plumavit en pedazos más pequeños, de tal forma que quepan unos 3 o 4 dentro del vaso. Procuren que quede espacio entre ellos.
3. Luego, su profesor lo dispondrá sobre el mechero, para que el agua comience a calentarse.
4. Observen lo que ocurre con la plumavit a medida que aumenta la temperatura del agua.



Luego de sus observaciones, respondan las siguientes preguntas:

- a. Lo que acaban de realizar, ¿corresponde a un modelo? ¿Cómo llegaron a su respuesta?
- b. De acuerdo con lo que sabes, ¿qué representa el plumavit sobre el agua?
- c. ¿Qué fenómeno provoca el movimiento del plumavit?

## Estructura interna de la Tierra

En la *Actividad exploratoria* pudiste apreciar que, utilizando un modelo sencillo, es posible imaginar lo que sucede en las profundidades de la Tierra y cómo estos procesos se manifiestan en la superficie. Sin embargo, ¿cómo es el interior de la Tierra?

## Origen del calor interno de la Tierra

La teoría de la formación de la Tierra indica que nuestro planeta se formó hace aproximadamente 4 600 millones de años, debido al choque de asteroides. Los impactos de meteoritos gigantes produjeron una gran cantidad de calor, lo que se prolongó durante más de 500 millones de años.

Con el impacto de los meteoritos, la Tierra fue aumentando de tamaño y la temperatura se elevó, hasta que gran parte del planeta se fundió. En ese momento, los materiales metálicos se hundieron y formaron un núcleo, compuesto casi totalmente de hierro.

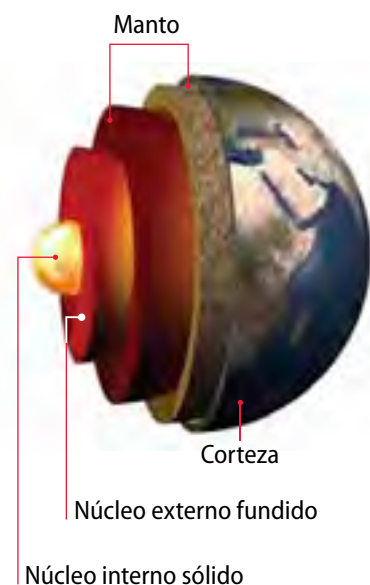
Aún quedan pruebas relacionadas con el calor de la Tierra en sus inicios. El núcleo posee dos partes: una porción externa, que aún permanece fundida, y otra interna, en estado sólido, debido a que se encuentra sometida a altas presiones y a una temperatura de casi 5 000 °C.

### 4 600 millones de años atrás



La presión dificulta la fusión de las rocas. Esto explica que haya rocas sólidas a más de 1 000 °C al interior de la Tierra. Si estuvieran en la superficie a esa misma temperatura, se fundirían.

### Actualidad



### Actividad 5



**Observa** atentamente las ilustraciones y describe los materiales que deberías utilizar para elaborar un modelo que represente la formación de la Tierra. Es importante que, al elegirlos, tomes en cuenta el estado de la materia en que se encuentra cada porción terrestre.



## ¿Qué opinas?

Piensa en los modelos presentados en estas páginas.

¿Por qué crees que los modelos científicos ayudan a comprender los fenómenos que no son observables en forma directa?

## ¿Cómo es el interior de la Tierra?

Esta pregunta se responde analizando la estructura de la Tierra desde dos perspectivas: según la **composición** de los materiales que la forman y de acuerdo con el comportamiento de los materiales y sus **propiedades físicas**. Diversos estudios, centrados en estos aspectos, han permitido distinguir dos modelos: el **modelo estático** y el **modelo dinámico**. Aunque estos se analizan de forma independiente, poseen varios elementos en común:

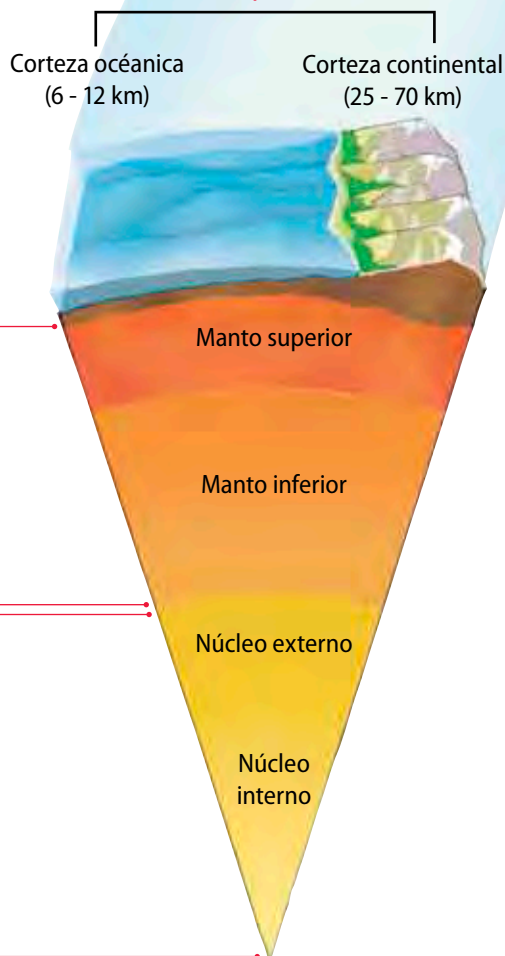
### Modelo estático

Representa las distintas capas, las que se diferencian por su composición química.

La **corteza terrestre** corresponde a la capa más externa. Comprende las zonas que se encuentran en la superficie, hasta la discontinuidad de Mohorovicic. Se reconocen una porción oceánica y una porción continental, siendo esta última más densa.

El **manto** se extiende desde la base de la corteza hasta la discontinuidad de Gutenberg, que la separa del núcleo terrestre. Si bien las características químicas del manto superior e inferior son similares, el manto superior presenta mayor fluidez que el inferior, por ser este último más denso.

El **núcleo** es la capa más interna de la Tierra. El núcleo externo está formado por hierro, níquel y pequeñas cantidades de otros elementos más ligeros. El núcleo interno, en cambio está compuesto por hierro puro.

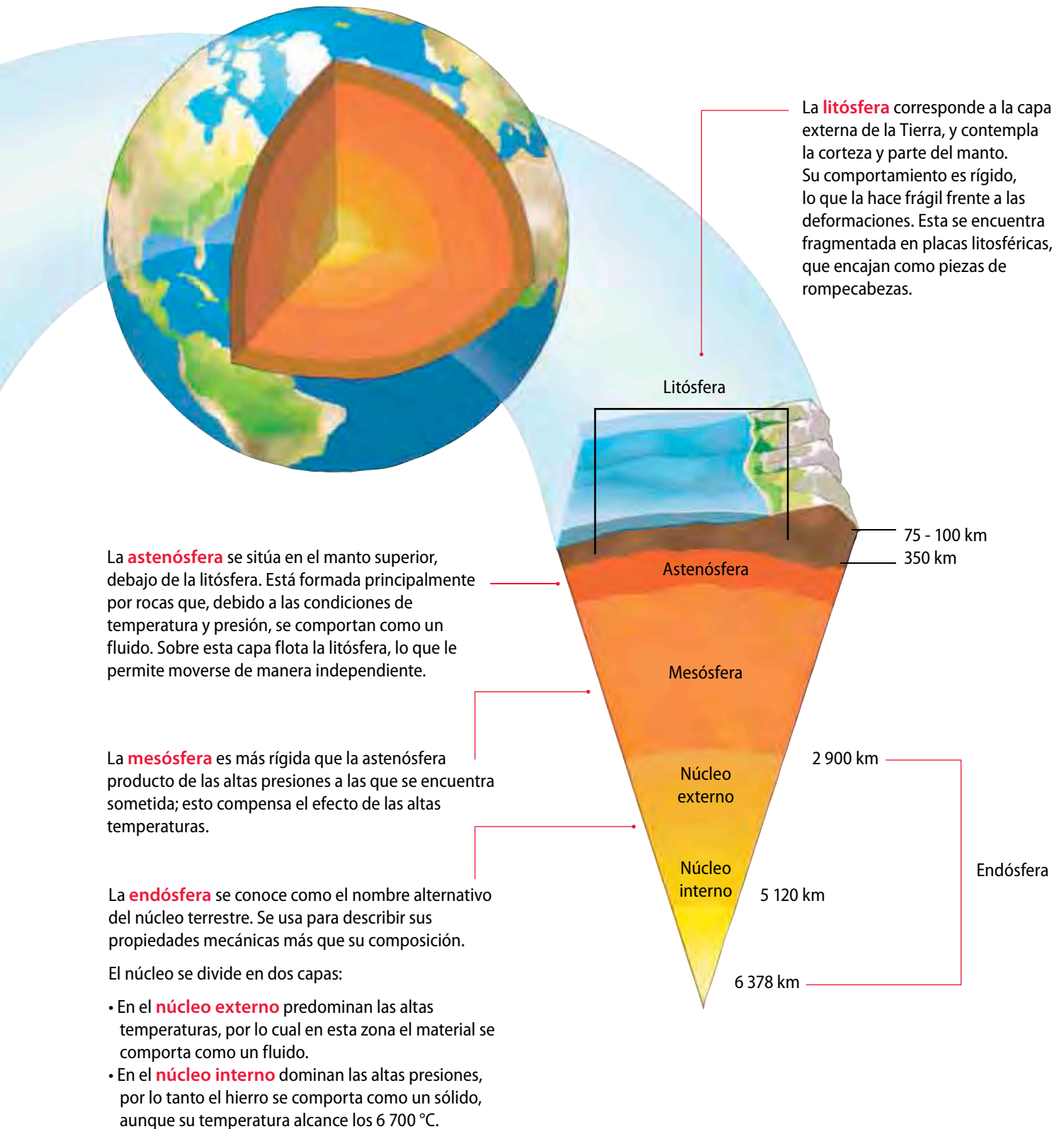


## Actividad 6

Junto con dos compañeros, averigüen qué significa que el interior de la Tierra presente discontinuidades. **Investiguen** el origen de este fenómeno y su relación con la composición de las capas terrestres.

## Modelo dinámico

Considera el comportamiento mecánico (o físico) de las capas que forman la Tierra, es decir, si estas presentan mayor o menor rigidez, densidad, elasticidad, etc.



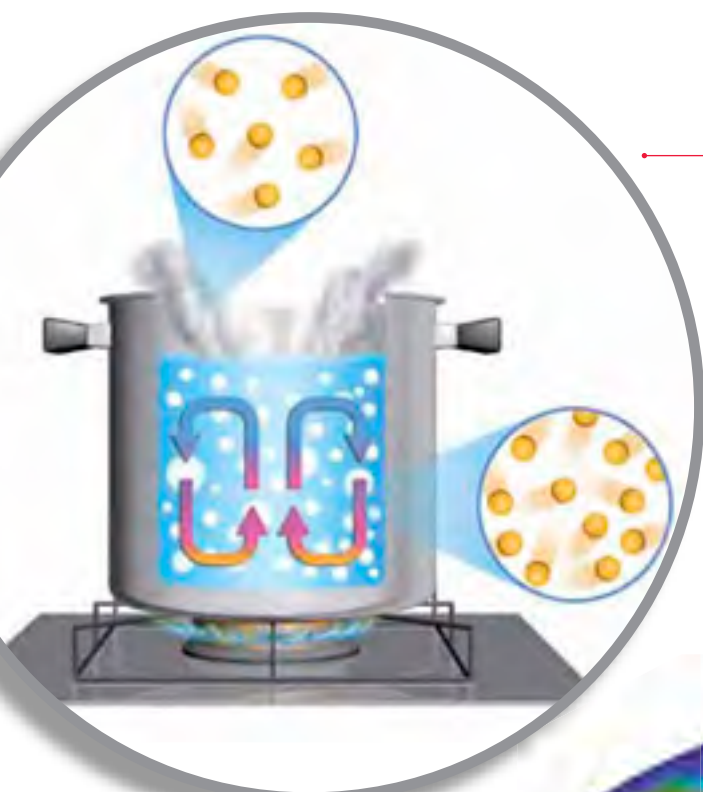
## Para saber

El calor al interior de la Tierra también se transmite por conducción. Es lo que ocurre en la litósfera y el núcleo interno, donde la transmisión es relativamente baja.

## Corrientes de convección

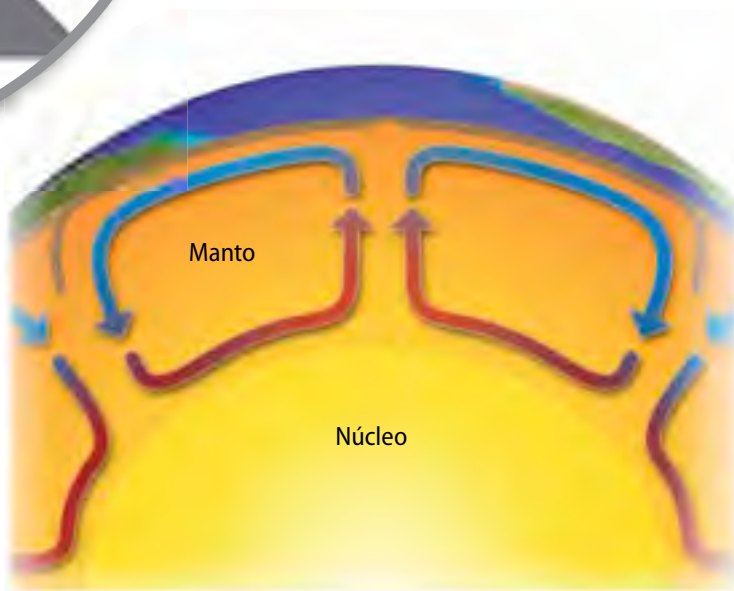
Si quisieras relacionar la estructura interna de la Tierra con los fenómenos sísmicos y volcánicos, podrías hacer el siguiente análisis: la Tierra es como una máquina térmica, que evacúa lentamente calor hacia el exterior, produciendo eventos mecánicos, como la sismicidad, el vulcanismo y el movimiento de las placas litosféricas. Estos fenómenos, a su vez, originan los relieves al provocar el engrosamiento de la litósfera.

¿Cómo se transmite esta energía? El interior de la Tierra está formado por varias capas, las que se comportan de distinta manera. El calor que se transfiere a la superficie terrestre proviene principalmente del interior, es decir, de la **energía geotérmica**. Por tal razón, este tipo de energía es la principal fuente energética para la mayoría de los fenómenos geológicos que ocurren en la Tierra.



En este ejemplo, el líquido de la olla se calienta debido a que el agua que adquiere calor sube y el agua que está en la superficie baja, ocupando el lugar del agua caliente. Este proceso se denomina **convección**.

En el caso del manto terrestre, el calor también se transfiere hasta la superficie por convección. El calor es transportado por la masa de un fluido que se mueve debido a las diferencias de densidad que se producen por los cambios de temperatura.





## Manifestaciones del calor interno de la Tierra

La litósfera está fragmentada en grandes bloques, llamados **placas litosféricas**. Existen 13 grandes placas que se desplazan lateralmente, arrastradas por las corrientes de convección del manto.

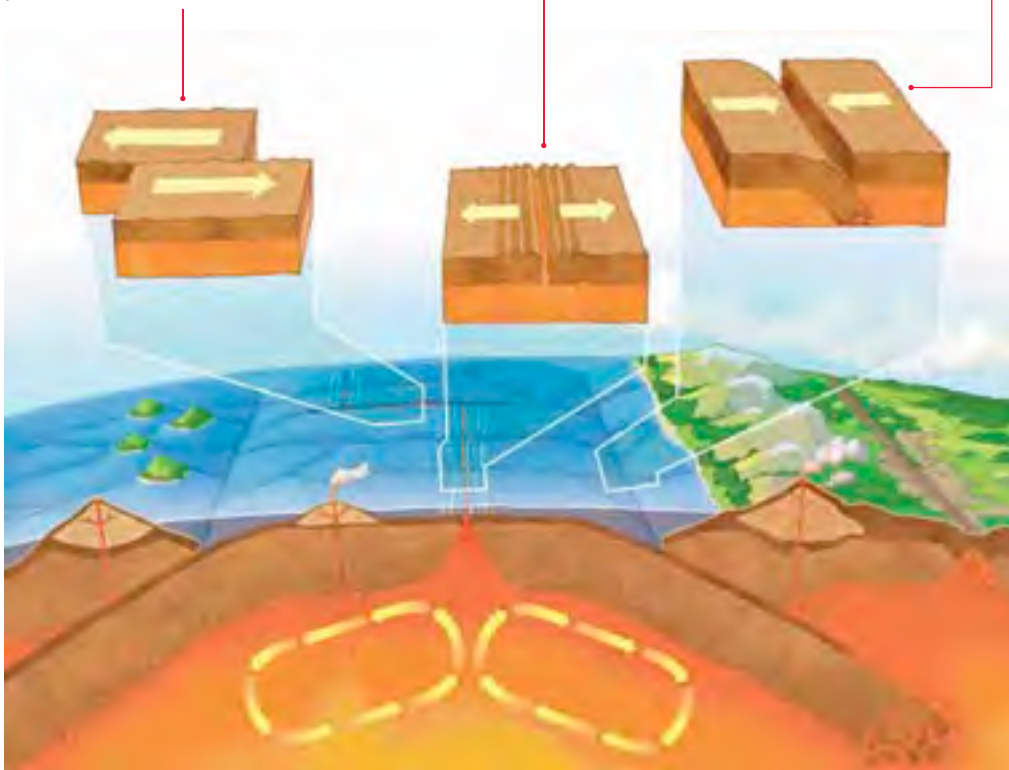
Cuando los bordes de las placas interactúan, producen diversos procesos geológicos, como la formación de los relieves, el vulcanismo y la sismicidad.

Los **límites transformantes** son los que se establecen cuando una placa se desliza respecto de la otra. En estas zonas no se crea ni se destruye litósfera, pero se produce una intensa sismicidad.

Los **límites divergentes** son los que se establecen cuando dos placas se separan y emerge magma de regiones profundas. Así se forma nueva corteza terrestre.

Los **límites convergentes** son los que se establecen cuando dos placas chocan, lo cual puede ocasionar dos fenómenos: **subducción** y **cinturones orogénicos**.

- La subducción es el hundimiento de una placa bajo la otra. En estas zonas la litósfera se hunde en el manto superior y desaparece de la superficie terrestre, y recibe el nombre de **bordes de placa destructivos**.
- El cinturón orogénico es la formación de montañas como consecuencia de la compresión que sufren las placas que convergen.



## ACTIVIDADES DE cierre

Luego de estudiar esta lección, realiza estas actividades:

1. ¿Cómo le **explicarías** a un compañero que los sismos y la actividad de los volcanes obedecen a la liberación de energía interna de la Tierra? **Haz un esquema** que apoye tu explicación.
2. Si tuvieras que **representar**, mediante un modelo, las corrientes de convección que ocurren en el manto terrestre, ¿cuál de los siguientes materiales usarías?: cera para depilar, un recipiente de metal, cubos de hielo, colorante vegetal rojo, un mechero, una tetera. Escoge los que sean necesarios.
3. De acuerdo con tu respuesta anterior. **Fundamenta** por qué es necesario incluir una fuente de calor en el modelo.



# ¿Cómo advertimos los cambios en la superficie terrestre?

### Necesitas saber...

Aspectos relacionados con los cambios que ocurren en la litósfera.

### Propósito de la lección

A medida que se desarrollan más y mejores observaciones de los fenómenos que ocurren en la Tierra, se descubren aspectos nuevos que enriquecen el conocimiento del planeta. En esta lección conocerás las evidencias científicas que confirman y explican los constantes cambios en la superficie terrestre.

### Actividad exploratoria

En parejas, lean el siguiente texto. Luego, reflexionen sobre el contenido y respondan las preguntas asociadas.

*En casi todos los pueblos antiguos y en las grandes sociedades a lo largo de la historia, los volcanes se han asociado con morada de dioses o seres sobrenaturales, como un modo de justificar "la furia de la montaña". La mitología hawaiana, por ejemplo, venera a Pele, la diosa de los volcanes, y cree que cada vez que empieza a arrojar fuego lo hace para limpiar la tierra y fertilizar el suelo. Los lugareños están convencidos de que Pele es una creadora. Mientras tanto, algunos geólogos se ocupan de determinar en qué momento un volcán puede erupcionar, los flujos de lava pueden transformar un paisaje frondoso en una zona seca y árida en cuestión de horas.*

**Fuente:** Pancorbo, L. *Los dioses increíbles*. (2011). Madrid: Siglo XXI de España Ediciones S. A.

1. ¿Qué evidencia crees que tenían las personas de la Antigüedad para afirmar lo que explica el texto acerca de la actividad volcánica?
2. ¿Crees que la versión del pueblo hawaiano serviría para evitar una catástrofe en un sector cercano a un volcán?, ¿por qué?
3. ¿Qué relación tiene este relato con la necesidad de encontrar evidencia científica que explique un fenómeno?



## Deriva continental

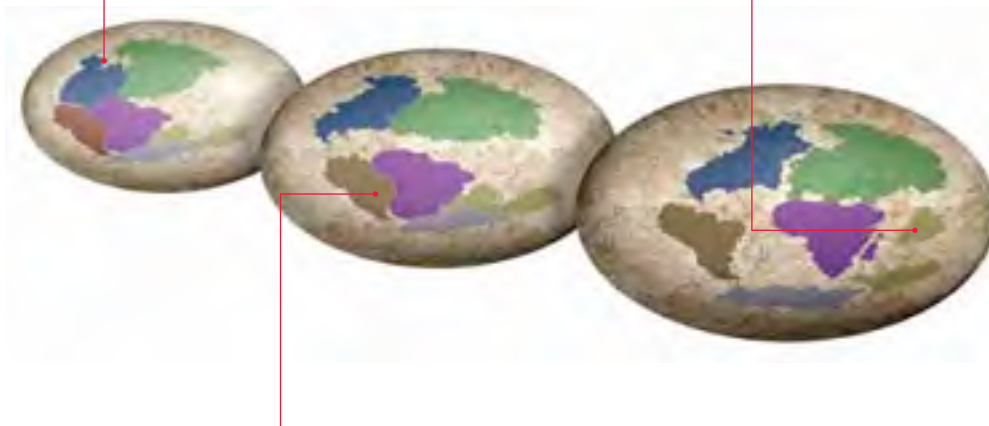
Aunque te parezca que los mares y las montañas han estado siempre en el mismo lugar, la Tierra no ha dejado de cambiar desde que se formó, hace 4 600 millones de años. De hecho, los continentes que hoy conocemos no siempre estuvieron ubicados en el lugar que ocupan en la actualidad, ya que se hallan en continuo movimiento.

A principios del siglo XX, el científico alemán **Alfred Wegener** (1880-1930) propuso la **hipótesis de la deriva continental**. Según esta, hace unos 250 millones de años todos los continentes actuales estuvieron fusionados en un único gran continente, Pangea, que significa "toda la tierra". Este habría estado rodeado por un único gran océano llamado Panthalasa, que significa "todos los mares".

Para llegar a esta hipótesis, Wegener se basó en **datos geográficos** (1), **paleontológicos** (2) y **paleoclimáticos** (3).

Hace 255 millones de años, todos los continentes se hallaban unidos y rodeados por un único océano.

Hace 65 millones de años, cuando se extinguieron los dinosaurios, la disposición de los continentes era parecida a la actual, pero la India se hallaba separada de Asia.



Hace 150 millones de años, Pangea se dividió en dos enormes continentes: Laurasia (al norte) y Gondwana (al sur).



El contorno de los continentes encaja como un rompecabezas. Esto es evidente especialmente en las costas de América y África.



Se observan fósiles comunes en los distintos continentes. Estos se ubican en estratos geológicos anteriores a la separación de las placas.



Las zonas que actualmente tienen un clima tropical, en el pasado estuvieron más al sur y tenían un clima más frío.

### Minitaller científico 3

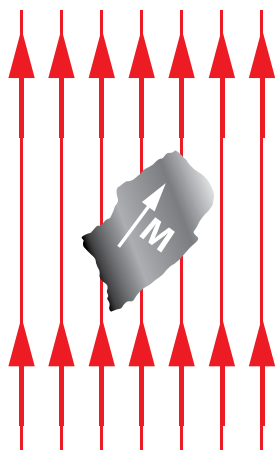
Con esta actividad podrán comprobar la prueba geográfica de Wegener. En grupo, consigan un mapamundi y una pelota de plástico. Luego, sigan las instrucciones.

1. Recorten los continentes. Separen América del Norte de América del Sur. También separen África y Europa.
2. Dispongan sus recortes en la mesa y observen los bordes de los continentes.
3. A continuación, hagan coincidir los bordes y péguenlos sobre la pelota.
  - a. ¿Qué bordes coinciden al unir los recortes en la pelota?
  - b. ¿Cómo podrían explicar esta situación?

## Dirección del campo magnético terrestre



En el momento de su formación, las rocas adoptan la inclinación magnética de la Tierra debido a que sufren procesos fisicoquímicos a temperaturas elevadas.



Si la inclinación magnética de una roca no corresponde a la dirección del campo magnético terrestre en una determinada latitud, significa que la roca se ha desplazado en la superficie.

## La hipótesis se transforma en teoría

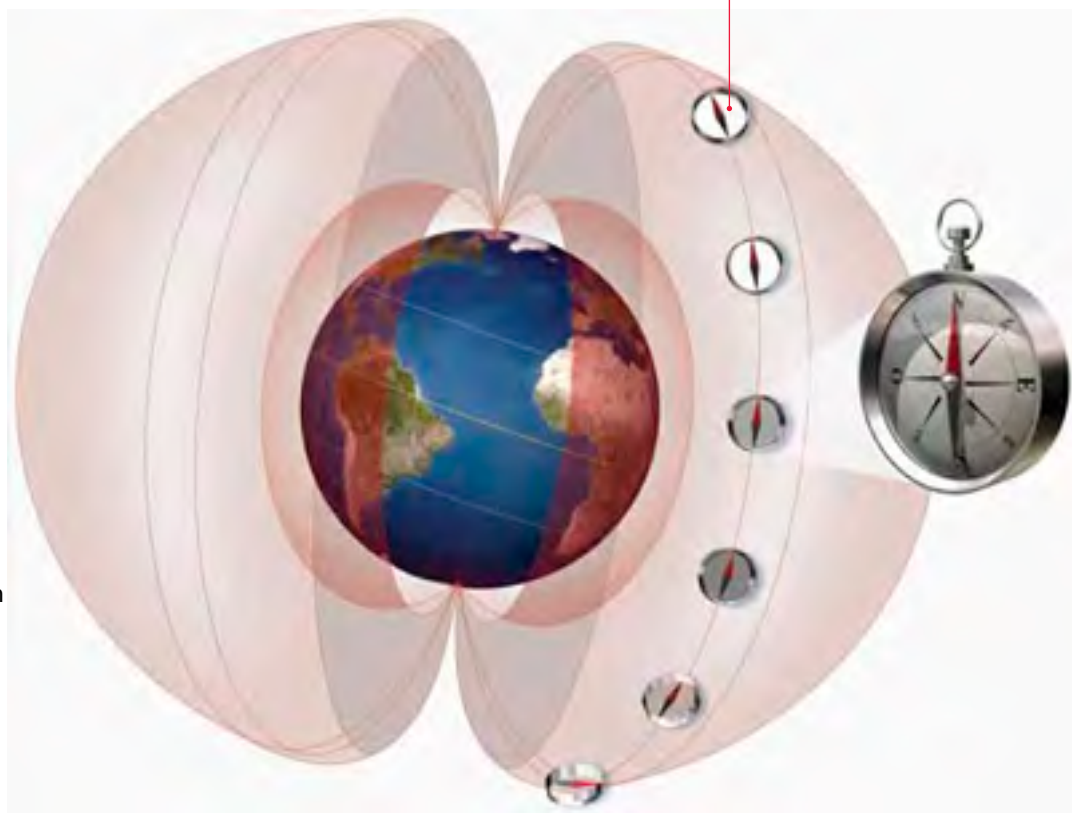
A pesar de las evidencias presentadas a la comunidad científica, las ideas de Wegener no fueron aceptadas de inmediato, debido a que no se tenía claridad respecto de los hechos que originaban el movimiento de los continentes.

En la década de 1960 los planteamientos de Wegener se fueron confirmando con el avance de la **oceanografía**, disciplina que estudia el fondo marino. También influyeron estudios relacionados con el **paleomagnetismo**, que describe las características del campo magnético terrestre en el pasado. Estos estudios permitieron entender que, debido al movimiento de grandes placas en las que se encuentran los continentes, se origina un conjunto de fenómenos como el vulcanismo, la actividad sísmica y las transformaciones del relieve.

## Paleomagnetismo

Los estudios en esta disciplina son posibles debido a que en el proceso de formación de las rocas, queda registrada su inclinación magnética, lo que depende de la latitud de la Tierra en un momento determinado.

Cambio de la inclinación magnética al variar la latitud



Con estos estudios se concluye que las rocas que tienen la misma edad geológica, localizadas en distintos continentes, se han desplazado en diferentes direcciones. Esta idea apoya la hipótesis de que los continentes se han movido unos respecto de otros.

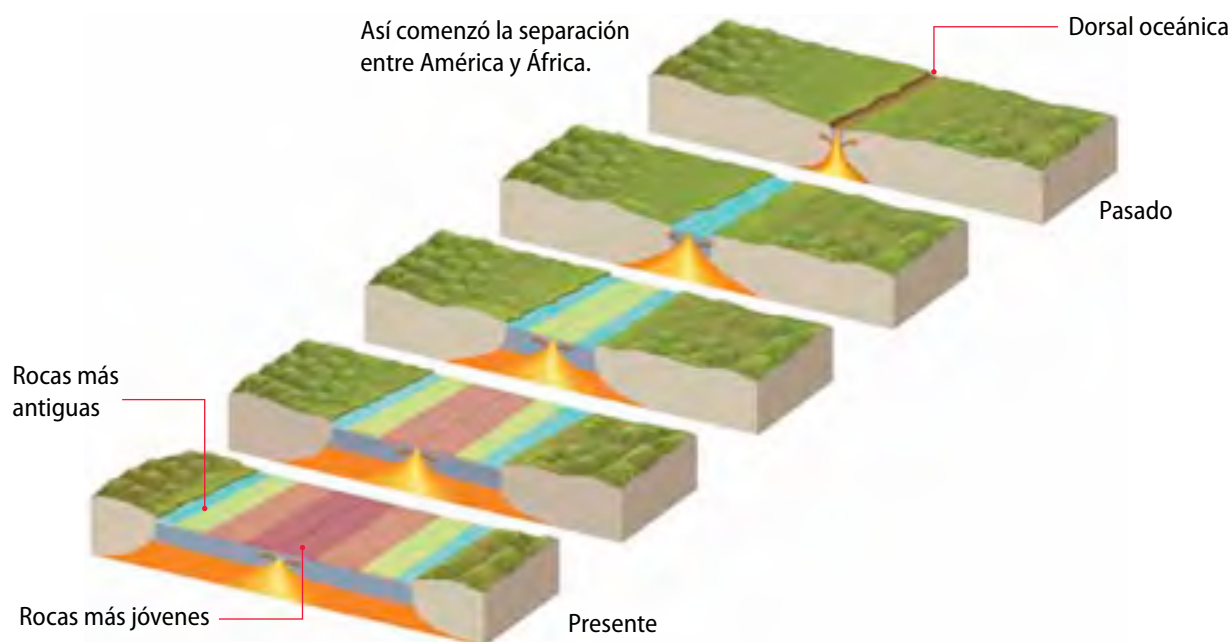
## Oceanografía

A fines de la década de 1950, los oceanógrafos descubrieron una serie de sistemas cordilleranos submarinos, llamados **dorsales oceánicas**, de más de 65 000 km de extensión.

Posteriormente, en los años 60, comenzó la exploración del fondo marino. Estos procedimientos permitieron descubrir que la edad de la corteza oceánica varía en función de la distancia entre esta y el eje de las dorsales oceánicas. Esto significa que las zonas más jóvenes corresponden a las más cercanas a la dorsal, mientras que las más antiguas se encuentran más alejadas de esta.

### Para saber +

Según estudios posteriores, se estima que el suelo oceánico actual se ha formado durante los últimos 200 millones de años.



En 1962 el geólogo Harry Hess, utilizando las observaciones antes descritas, propuso la hipótesis de la expansión del fondo oceánico. Planteó que la corteza terrestre se encuentra flotando sobre la superficie del manto, porción que se mueve debido a corrientes de convección. Producto de este movimiento surge material en las **dorsales oceánicas**. Así se va formando nueva corteza, la que luego se destruye en las zonas cercanas a los bordes continentales, es decir, en las **fosas oceánicas**.

La conclusión es clara: en las dorsales hay materiales volcánicos que están surgiendo del interior de la Tierra y se añaden a la litósfera, ensanchando los océanos. Esto permite explicar la separación entre América y África.

### Actividad 7



Consigue dos hojas de papel blanco y ubícalas, en forma horizontal, una enfrente de la otra para que coincidan sus bordes. A continuación, responde estas preguntas:

- Describe** cómo debes moverlas para que simulen la formación de una dorsal oceánica.
- ¿Cómo las moverías para **representar** la extensión del suelo oceánico?



## Tectónica de placas

Las evidencias descritas anteriormente permitieron, a principios de 1970, formalizar la **teoría de tectónica de placas**, la cual explica de forma sencilla la deriva de los continentes, la expansión del fondo marino y gran parte de los procesos dinámicos del planeta.

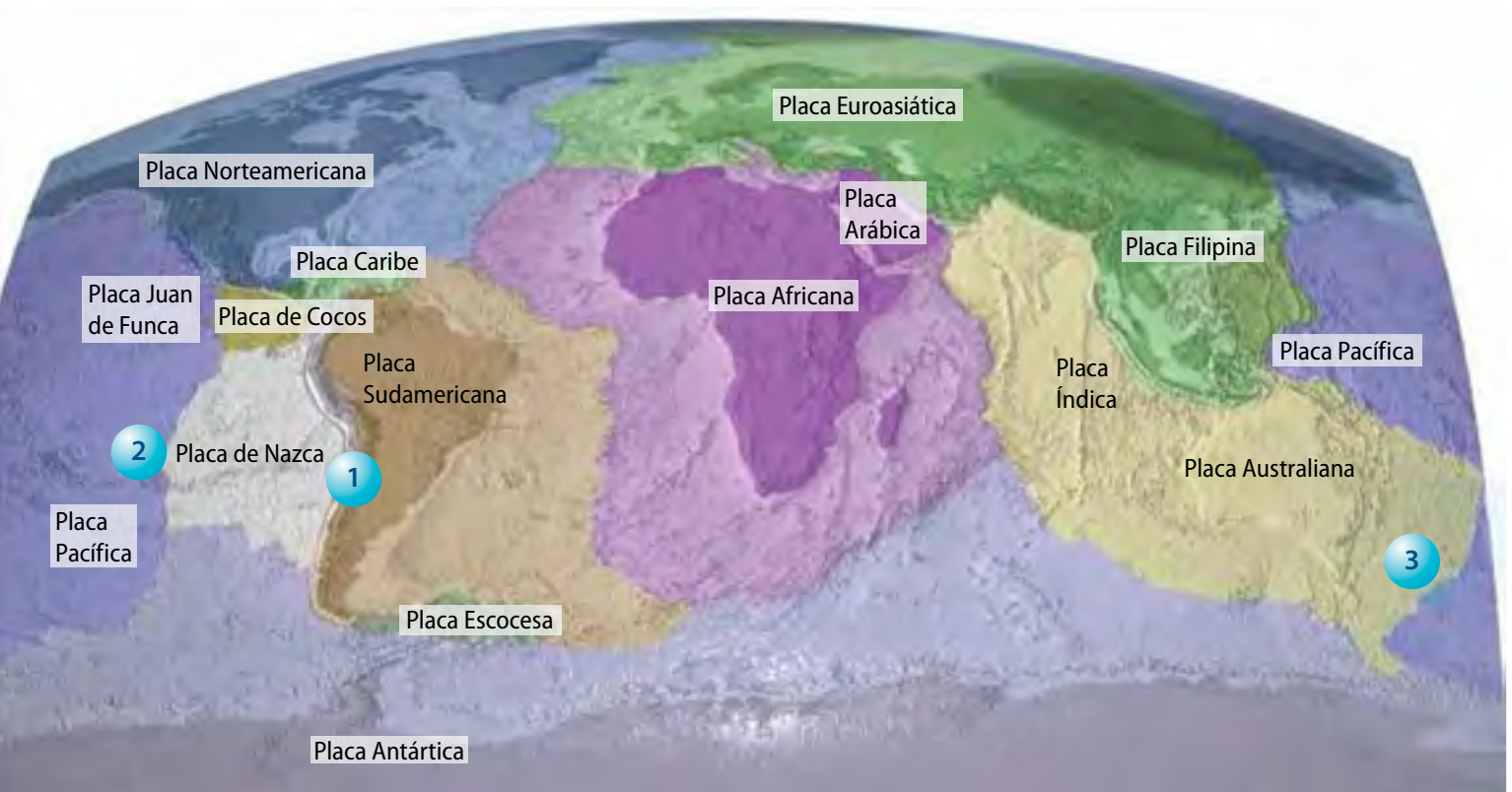
Esta teoría establece que la litósfera terrestre se encuentra dividida en una serie de bloques rígidos de un grosor que varía entre los 65 y los 120 kilómetros. Como ya sabes, estos bloques se denominan placas litosféricas, las cuales se mueven sobre la astenósfera.

Esta teoría considera los siguientes aspectos:



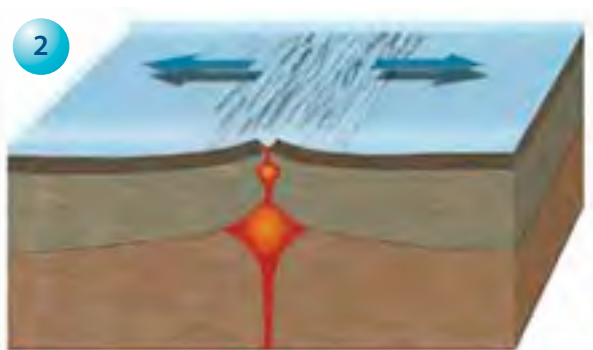
El aumento de la placa oceánica en las dorsales se compensa con la destrucción de la misma en las **zonas de subducción**.

En Chile, el movimiento de las placas de Nazca y Sudamericana es de carácter convergente, es decir, una se hunde bajo la otra. Este fenómeno, llamado subducción, afecta a las costas de Chile y Perú provocando gran número de sismos en la zona.



Producto del movimiento de las placas sobre el manto, se transmiten las fuerzas hacia los límites de las mismas, que recorren grandes distancias sin sufrir deformaciones. La interacción entre las placas se hace mayor en sus bordes o límites, donde interactúan con otra placa. En esos lugares se observa una mayor deformación del relieve y una concentración de la actividad sísmica.

El movimiento de las placas tectónicas provoca la transformación del relieve, principalmente en las zonas en la que dos placas entran en contacto.



La formación de nueva litósfera ocurre por la expansión del suelo oceánico en las **dorsales oceánicas**.



Cuando los bordes se deslizan lateralmente uno contra otro, se produce una fricción, que provoca, a su vez, la actividad sísmica.

### Actividad 8



Japón y Chile son países que presentan gran actividad sísmica; por ende, se consideran países en riesgo constante de terremotos.

1. ¿**Infiera** qué estructura geológica tienen en común Japón y Chile, que permita explicar este hecho?



El desafío de

## Leonore Hoke

En 1993, esta geóloga australiana, junto con un grupo de científicos, logró obtener pruebas científicas que reafirman la conexión entre la actividad sísmica-volcánica y el movimiento de las placas tectónicas. Viajó hasta el altiplano de Bolivia y tomó muestras de vapor de agua emanado del volcán Irruputuncu. Comparó estas muestras con otras de agua de mar y de aire. Los resultados de su estudio fueron categóricos: el nitrógeno encontrado tenía un origen distinto al atmosférico. Su conclusión fue que los restos de organismos marinos enterrados en el fondo del mar desprenden nitrógeno en el proceso de subducción; luego este nitrógeno emana junto con otros gases a través de las chimeneas volcánicas.



## Lección 4

Otro descubrimiento que sorprendió a los científicos fue la ubicación de los volcanes alrededor del mundo. Este patrón coincidía casi por completo con la actividad sísmica del planeta, lo que llevó a los científicos a buscar la relación entre ambos fenómenos.

Actividad volcánica

Dirección del desplazamiento de las placas

Los números indican el crecimiento lineal del fondo oceánico en centímetros por año.



Los geólogos concluyeron que no son los continentes los que se mueven; las enormes placas que conforman la capa externa de la Tierra son las que arrastran las masas continentales. Estas transmiten fuerzas a lo largo de grandes distancias sin que se generen deformaciones en ellas. Como su movimiento se hace evidente en sus límites, es en estos lugares donde ocurre la mayoría de los sismos actuales. Así se evidencia que la mayor parte de la deformación de las placas litosféricas ocurre en estas zonas.

Luego de la muerte de Wegener, sus planteamientos se transformaron en la **teoría de tectónica de placas**.

### ACTIVIDADES DE cierre

Luego de estudiar esta lección, responde las siguientes preguntas:

1. ¿Cómo **relacionarías** lo aprendido en esta lección con lo que sabes de la actividad sísmica y volcánica?
2. **Infiere** por qué las ideas de Wegener se plantearon como hipótesis y cómo se transformaron en teoría.
3. Un profesor de Biología explicó en una de sus clases que los restos de una especie extinta de reptil, del género *Mesosaurus* fueron encontrados solo en Brasil y en Sudáfrica. Agregó que, según algunos estudios, se había descubierto que este animal nadaba en charcos y lagos (agua dulce). Tomando en cuenta lo que sabes sobre deriva continental:
  - a. ¿a qué atribuyes este hecho?
  - b. ¿Podrías afirmar que una posible explicación para esta situación es que *Mesosaurus* haya cruzado nadando el océano Atlántico?, ¿por qué?



### Interpretar información científica

Interpretar significa establecer relaciones entre diversos aspectos de la información. Esto permite elaborar nuevas ideas e incluso establecer conclusiones.

Por ejemplo, el movimiento de los continentes era evidente para Wegener. Sin embargo, aunque contaba con análisis y pruebas científicas que avalaban sus ideas, no supo interpretar el origen de este movimiento. Así, este científico, que también era meteorólogo, sentó las bases para que otros, tomando en cuenta antecedentes relacionados con la estructura interna de la Tierra, relacionaran el movimiento de los continentes con la actividad del manto terrestre.

Para interpretar información de forma correcta, no es necesario seguir pasos secuenciales, sino más bien considerar estrategias y seguir recomendaciones para desarrollar esta habilidad. A continuación podrás conocer algunas de ellas.

- Anotar cuidadosamente los datos experimentales o leer con atención los resultados obtenidos por otros. Esto es muy importante cuando se analizan investigaciones clásicas.
- Revisar a fondo lo que se sabe del tema, de manera de enriquecer la explicación.
- A partir de los datos y de la pregunta inicial de investigación, intentar una explicación para el fenómeno.
- Comparar las explicaciones de varias personas, con el fin de identificar y reconocer acuerdos y contradicciones que surgen del análisis de resultados o evidencias científicas.



### Ahora tú

Vuelve a leer la lección 4. Luego, observa y analiza esta ilustración. A continuación, responde estas preguntas:

- ¿Cómo puedes interpretar este diagrama?
- ¿Por qué crees que para interpretarlo necesitas conocer otros antecedentes relacionados con el movimiento de los continentes?
- Describe de qué manera las franjas de colores te ayudan a interpretar la imagen.





# Taller científico

## Habilidades de pensamiento científico

En esta actividad desarrollarás la habilidad de **interpretación de información científica**, modelada en la página anterior. No olvides que para llevarla a cabo, debes analizar los diagramas y esquemas detalladamente, además de obtener más datos relacionados con el tema para enriquecer tu explicación.

### Materiales

- Lápices de colores
- Cartulinas o papeles con distintos diseños
- Pegamento en barra
- Tijeras
- Hoja de bloc

## Interpretación de la deriva continental

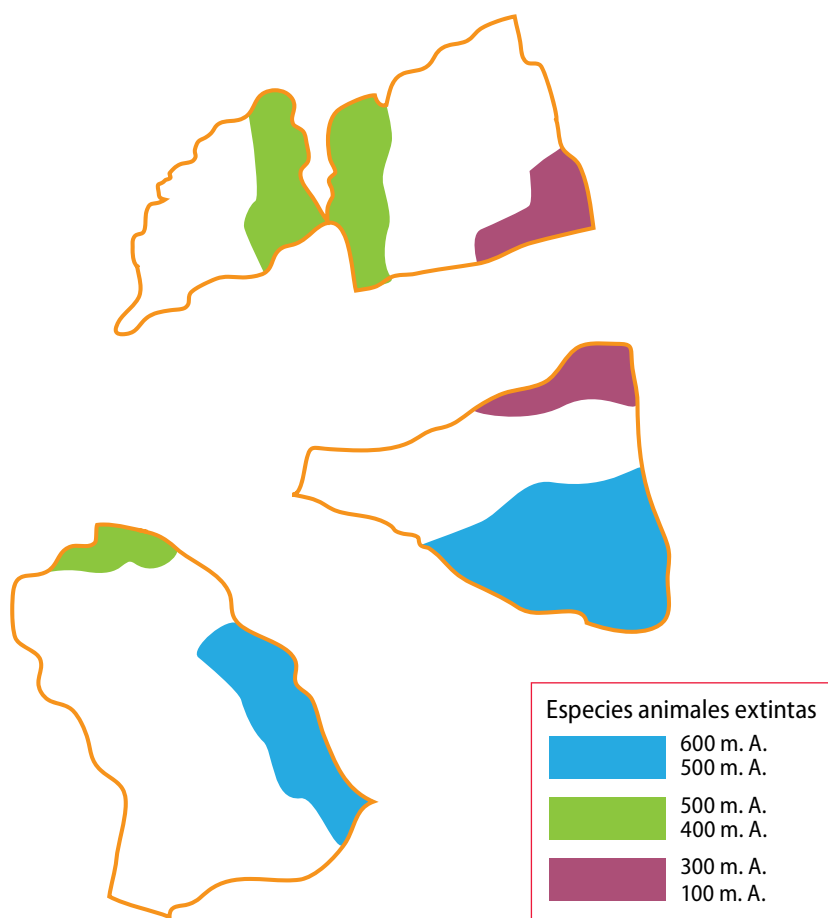
### Antecedentes

La teoría de tectónica de placas se construyó a partir de la observación y diversos aportes de científicos de todo el mundo.

Hasta ahora sabes que el movimiento de las placas litosféricas sobre la astenósfera es un fenómeno real, que comenzó hace millones de años y que se produce por la fuerza que ejercen las corrientes convectivas en las dorsales oceánicas. Esta dinámica se manifiesta de forma evidente en la superficie terrestre, cambiando la distribución de los continentes.

### Problema de investigación

Observa los continentes ficticios que representa la imagen. ¿Cómo podrías deducir la forma en que estuvieron organizados estos continentes en el pasado?



### Planteamiento de hipótesis

De acuerdo con lo que observaste e interpretaste en la imagen, elabora una hipótesis que te permita responder el problema de investigación. Recuerda que es muy importante que tu hipótesis sea comprobable.

### Procedimiento

Para este taller, te proponemos elaborar, junto con dos compañeros, un procedimiento que les permita resolver el problema de investigación.

Para facilitar la elaboración del procedimiento, se sugieren estos pasos:

1. Observen atentamente la ilustración y analicen los colores y la simbología.
2. Infieran cuál es la utilidad de la simbología para resolver la problemática.
3. Recuerden que son continentes y no placas tectónicas.
4. Tengan en cuenta los antecedentes que ya conocen, referidos a los trabajos de Wegener y las pruebas científicas que respaldan sus estudios.

### Análisis

Luego de que hayan elaborado y llevado a cabo su procedimiento, dibujen la distribución de los continentes según el tiempo geológico.

Inicio (600 m. A.)	Etapa media (300 m. A.)	Actualidad

A continuación, respondan estas preguntas:

- a. ¿De qué forma pudieron determinar la posición de los continentes en cada era geológica?
- b. ¿Cuáles fueron los primeros continentes en separarse?
- c. ¿En qué momento ocurrió la última separación continental?
- d. ¿Cómo podrían interpretar la presencia de una especie en tres continentes distintos?

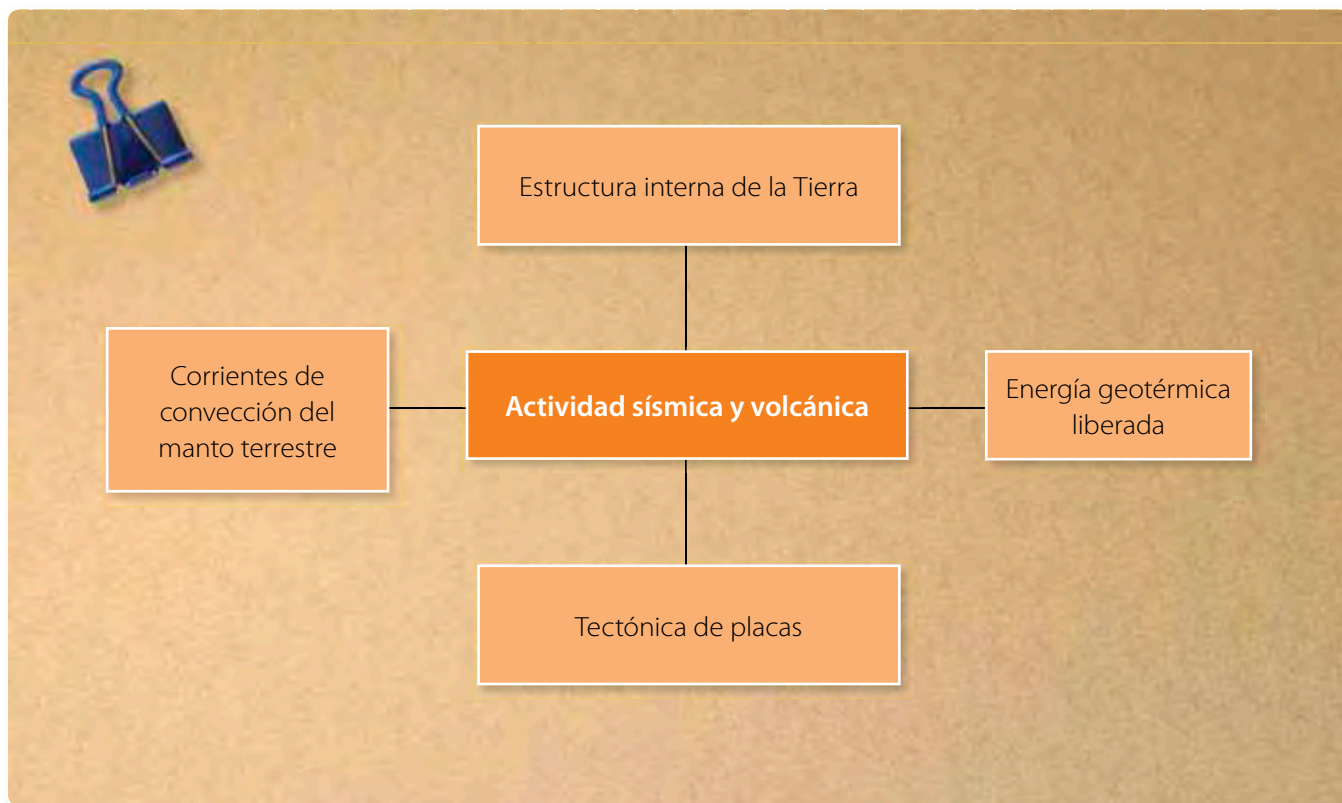
### Conclusiones y comunicación de resultados

Finalmente, elaboren las conclusiones que se desprenden de esta actividad.

Reúnan sus resultados en un informe científico. Para recordar cómo se elabora, lean la página 224 del Anexo 1.

## Organizando lo aprendido

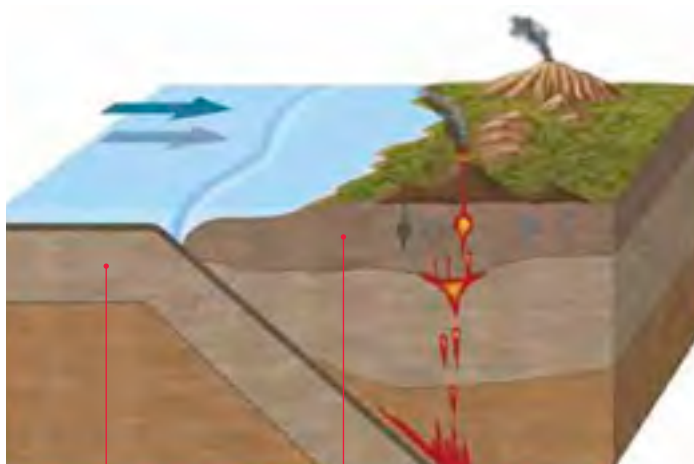
1. Observa la siguiente rueda de atributos; algunas de sus características permiten explicar la actividad sísmica y volcánica.



2. Luego, elabora tu propia rueda de atributos con otros conceptos que te parezcan relevantes, a partir de las lecciones 3 y 4.

## Actividades

1. Con respecto a la estructura interna de la Tierra, explica cómo es posible que en el manto terrestre existan rocas sólidas, sometidas a más de 1 000 °C, considerando que si estuvieran en la superficie se fundirían a esa temperatura. ¿Qué concepto debes tomar en cuenta para explicar este fenómeno?
2. Observa atentamente la imagen y luego responde: ¿por qué en las zonas de subducción la litósfera oceánica se hunde en el manto y no ocurre lo mismo con la litósfera continental?



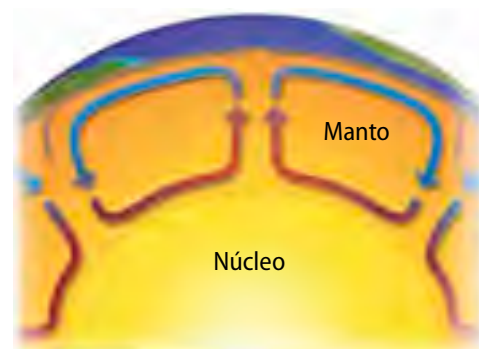
Corteza oceánica

Corteza continental

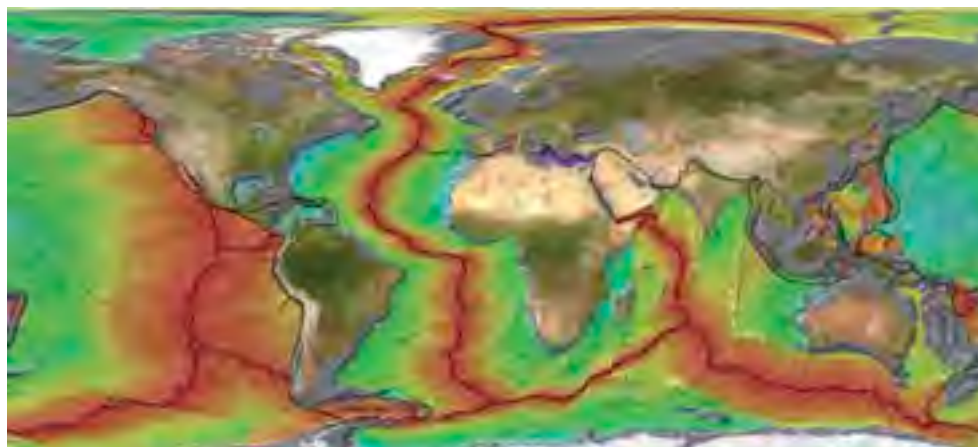
3. Completa la siguiente tabla con las principales características de los tres tipos de bordes o límites tectónicos. Luego, relaciona cada uno de ellos con la presencia de actividad sísmica, volcánica y de formación de relieve.

Límite transformante	Límite divergente	Límite convergente

4. Describe de qué manera podrías utilizar estas ilustraciones para explicar el movimiento de los continentes.



5. ¿Por qué crees que la comunidad científica no pudo aceptar la teoría del desplazamiento de los continentes de Wegener?
6. ¿De qué manera los fenómenos que ocurren en tu entorno pueden explicarse y transformarse en teorías científicas? Utiliza lo que sabes de deriva continental y la tectónica de placas para elaborar tu respuesta.
7. Observa este mapa que representa con colores diferentes la edad de las rocas que forman el fondo oceánico. Las rojas son las rocas más nuevas.



¿Crees que este mapa le habría servido a Wegener para respaldar su hipótesis de la deriva continental? Imagina que tú eres este científico y explica este mapa a tus compañeros.



### Lección 1

## ¿Qué son los sismos?

Los **sismos** son sacudidas bruscas que experimenta la superficie terrestre producto de la liberación de grandes cantidades de energía acumulada en el interior de la Tierra.

El lugar donde se produce la rotura recibe el nombre de **hipocentro** y el punto de la superficie terrestre situado justo sobre el hipocentro es el **epicentro**, que es donde el sismo se percibe primero y con mayor intensidad.

Las vibraciones producidas en el foco del sismo se transmiten por el interior de la Tierra, en todas direcciones, en forma de ondas sísmicas. Estas ondas se clasifican en **ondas primarias** (P), **secundarias** (S) y **ondas superficiales** (Love y Rayleigh).

La **magnitud** de un sismo corresponde a una medida de la energía liberada, y se mide con la escala de **Richter**. La **intensidad** de un sismo es la percepción en términos de los daños que ocasiona. Se mide con la escala de **Mercalli**.

Un sismo de gran magnitud provoca gran impacto tanto en la población como en la infraestructura de las ciudades. Es necesario conocer las **medidas de seguridad** que se deben llevar a cabo frente a este tipo de fenómenos naturales.

### Lección 2

## ¿Qué son los volcanes?

Los **volcanes** son **estructuras geológicas** que comunican las profundidades de la Tierra con la superficie, ya que a través de ellas emerge roca fundida y fragmentada por el calor interno. La actividad volcánica se denomina también vulcanismo.

Ningún volcán es idéntico a otro. Sin embargo, existen características comunes para todos ellos. La mayoría de los volcanes posee cámara magmática, cono, chimenea y cráter. En algunas ocasiones es posible observar chimeneas laterales.

El **Anillo o Cinturón de Fuego** se ubica en las costas del océano Pacífico y concentra las tres cuartas partes de todos los volcanes del mundo. Allí, la corteza continental es más débil, lo que permite que el magma pueda subir a la superficie.

Las erupciones volcánicas suelen provocar efectos devastadores en el paisaje y en la vida de las personas que habitan en sus alrededores. Por esto hay que conocer las medidas de prevención protección frente a la actividad volcánica.



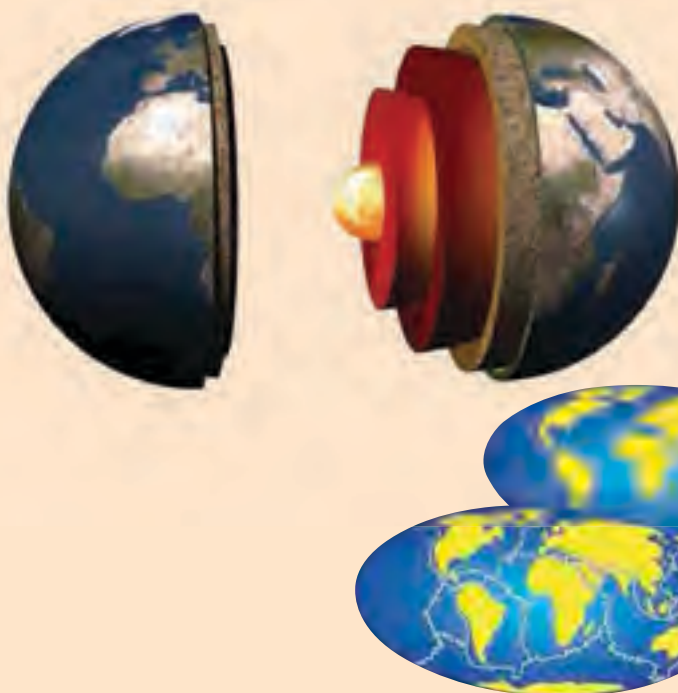
### Lección 3

## ¿Cómo está compuesta la Tierra?

Se estima que la Tierra se formó hace unos 4 600 millones de años producto del choque de meteoritos. Durante millones de años el planeta fue cambiando, sin embargo, aún conserva un núcleo central a altas temperaturas.

Para analizar la estructura interna de la Tierra se pueden considerar dos perspectivas: la composición de los materiales que la forman y el comportamiento de estos materiales y sus propiedades físicas. Así, surgen dos modelos: el **modelo estático** y el **modelo dinámico**.

La litósfera está fragmentada en 13 grandes **placas litosféricas** que se desplazan lateralmente arrastradas por las corrientes de convección del manto. Este fenómeno origina la actividad sísmica, volcánica y las transformaciones del relieve.



### Lección 4

## ¿Cómo cambia la superficie terrestre?

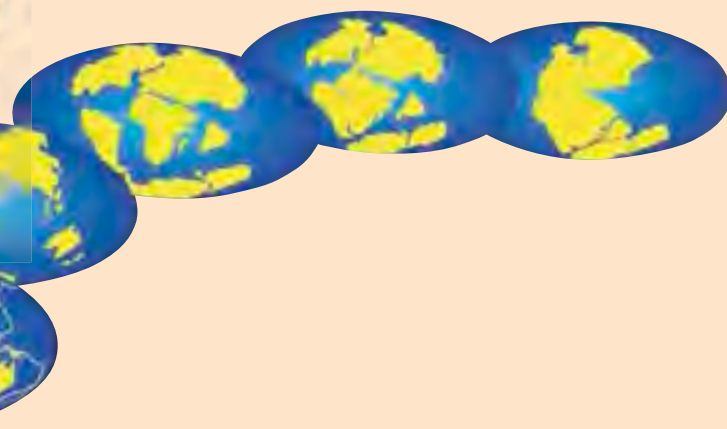
A principios del siglo XX, **Alfred Wegener** propuso la **hipótesis de la deriva continental**. Esta plantea que hace unos 250 millones de años todos los continentes actuales estaba fusionados en un único continente denominado Pangea.

Wegener aportó muchas pruebas (**paleontológicas, geográficas y paleoclimáticas**) a favor de su hipótesis, pero no pudo explicar el mecanismo responsable del movimiento de los continentes.

Los planteamientos de Wegener se fueron confirmando por medio del avance en **oceanografía**, y en **paleomagnetismo**, que describe las características del campo magnético terrestre en el pasado.

Producto del movimiento de las placas sobre el manto, se transmiten fuerzas hacia los límites de las mismas; estas placas recorren grandes distancias sin sufrir deformaciones en su interior.

Todas estas evidencias científicas permitieron que la hipótesis planteada por Wegener se transformara posteriormente en la **teoría de tectónica de placas**.



### Bibliografía y links sugeridos

- [http://www.cienciasmc.es/web/u3/contenido3.5\\_u3.html](http://www.cienciasmc.es/web/u3/contenido3.5_u3.html)
- [http://www.explora.cl/tierra/tierra\\_viva/inicio.html](http://www.explora.cl/tierra/tierra_viva/inicio.html)

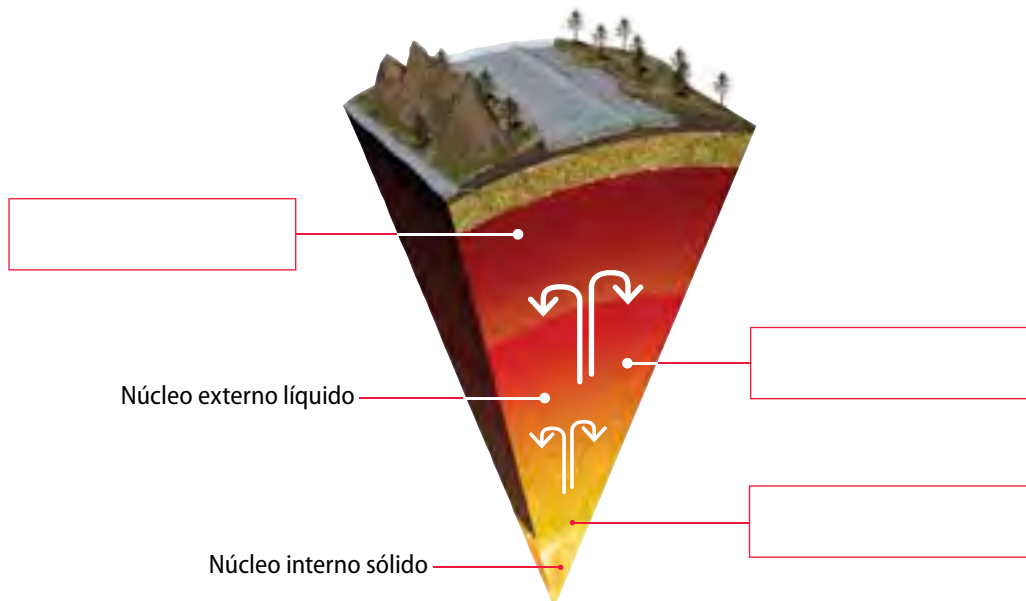
Utiliza lo que aprendiste en esta unidad para desarrollar las siguientes actividades. Si no estás seguro de cómo hacerlo, puedes volver a revisar tu libro.

### Recordar-comprender

1. Con ayuda de la siguiente ilustración, que representa una zona de Chile, explica por qué nuestro país se encuentra en constante riesgo de erupciones volcánicas e intensos sismos. (4 puntos)



2. Completa el esquema con el tipo de transmisión de calor que se da en cada caso. (3 puntos)



3. Observa el mapa y realiza las siguientes actividades (6 puntos):
- Identifica las zonas donde se concentra la mayor cantidad de volcanes en el mundo. Márcala dibujando triángulos.
  - Marca con puntos rojos las principales zonas sísmicas del planeta.
  - Escribe en el mapa el nombre de al menos 6 placas tectónicas.



## Analizar

4. Con respecto a lo que observas en la imagen, ¿cuáles pueden ser los efectos directos de una erupción volcánica?, ¿cuáles podrían considerarse efectos indirectos? (4 puntos)



Erupción volcán Llaima, Región del Biobío.

5. Lee el texto y luego responde las preguntas (6 puntos):  
*Imagina que estás un día de verano en una playa del sur de Chile. Se siente un pequeño temblor de tierra y, al cabo de unos cinco minutos, el mar retrocede rápidamente hasta casi perderse de vista desde la orilla. Muchas personas se acercan curiosas a la extensión arenosa dejada al descubierto.*
- ¿Cuál crees que es la causa más probable de esa retirada del mar?
  - Según lo que plantea el texto, ¿podrías afirmar que estás en peligro?
  - ¿Qué sería aconsejable hacer en este caso?
6. Los datos de la tabla muestran antecedentes de dos terremotos. Compara la información y responde las preguntas asociadas. (6 puntos)

Antecedentes	Haití (12 enero 2010)	Chile (27 febrero 2010)
Magnitud (escala Richter)	7,0	8,8
Profundidad al epicentro	10 Km	35 Km
Duración	60 s	140 s
Construcciones antisísmicas	No	Sí
Servicio de protección civil	No	Sí
Personas fallecidas	Más de 300 000	547
Número de viviendas destruidas	Varios millones	500 000
Presencia de tsunami	No	Sí

- El terremoto de Chile fue de una magnitud 800 veces mayor que el ocurrido en Haití. ¿Por qué crees que el número de víctimas fatales fue menor en Chile que en Haití?
- ¿Qué factores crees que amplificaron las consecuencias del sismo en Haití?
- ¿Cómo influyen las medidas de seguridad y prevención en las consecuencias de un sismo tan grande como los ocurridos en Chile y en Haití?



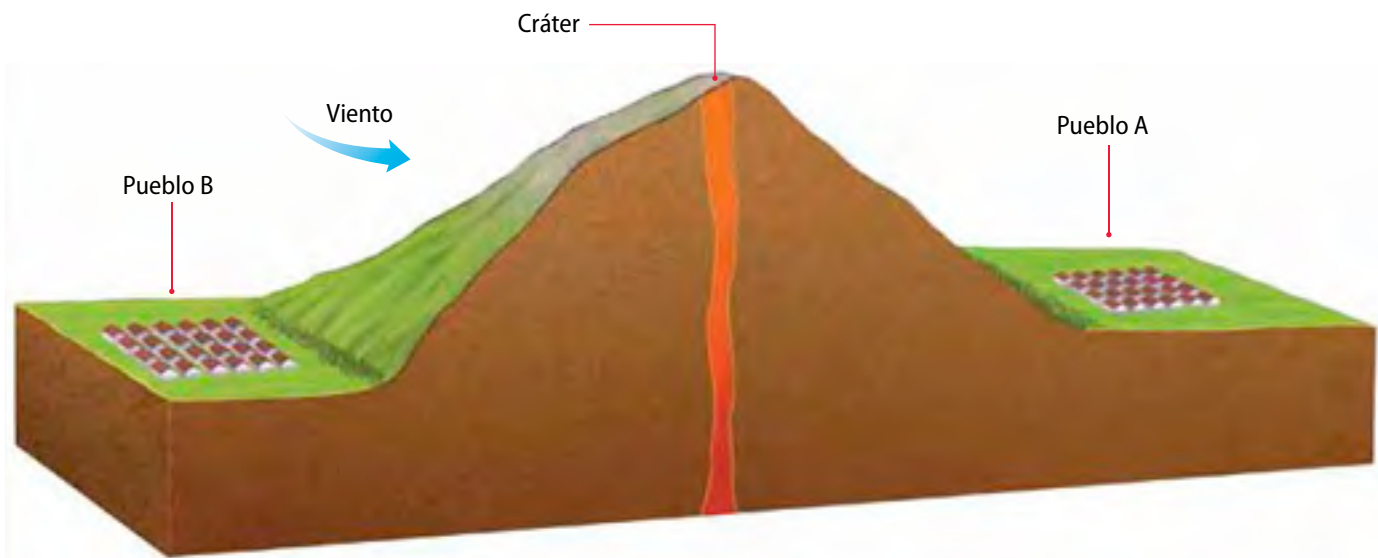
7. La mayoría de los terremotos tienen lugar en zonas deshabitadas (una gran parte de ellos en los fondos marinos). ¿Cómo es posible localizar el epicentro si no hay nadie que pueda registrarlo? (4 puntos)

### Aplicar

8. Existe distintos tipos de erupciones volcánicas. La erupción denominada estromboliana se manifiesta con enormes explosiones, que expulsan gran cantidad de magma, piroclastos y ceniza volcánica.

Con respecto a esta información, y a lo que muestra la imagen, responde (4 puntos):

- ¿Cuál de los dos pueblos, A o B, está expuesto a un riesgo mayor si el volcán entra en actividad estromboliana?
- ¿Qué tipo de productos volcánicos llegarían a cada localidad?



9. Wegener aportó como prueba del movimiento de los continentes el hecho de que se encontraron restos vegetales en zonas heladas, y glaciares en zonas cálidas.

¿Cómo defenderías su hipótesis si un científico de la época le hubiese dado la siguiente explicación?:

*El clima ha cambiado y han existido épocas cálidas en las que la vegetación cubrió zonas actualmente frías, y épocas frías en las que los hielos llegaron hasta los actuales trópicos.* (3 puntos)

10. Un compañero de curso te plantea una hipótesis que elaboró en relación con lo que estudiaron en esta unidad. La hipótesis expresa que al hervir un huevo durante 3 minutos, su consistencia será muy similar a la estructura de la Tierra. (4 puntos)

- Plantea al menos tres observaciones que te permitan comprobar o rechazar la hipótesis de tu compañero.
- Si ahora piensas en la consistencia de un huevo a la copa, ¿la hipótesis sería más válida?, ¿por qué?

11. Como sabes, en un terremoto se producen vibraciones muy intensas que se prolongan durante varios segundos, o incluso varios minutos. Cuanto más frías y rígidas son las rocas que se desplazan o se fracturan, más intensas son las vibraciones que se originan. Con respecto a esta información, dobla dos varillas: una de madera y otra de plástico (tipo PVC). Percibe lo que ocurre cuando estás doblándolas y luego responde (4 puntos):

- ¿Cuál de las dos varillas, al doblarla, te permite comprobar lo que expresa el párrafo anterior? Explica.

## Me evalúo

Con la ayuda de tu profesor, completa la siguiente tabla:

Objetivo de aprendizaje	Preguntas	Puntaje	Te proponemos que...
Comprender los parámetros que describen la actividad sísmica y conocer las escalas sismográficas y las medidas de seguridad adoptadas frente a un sismo.	5, 6, 7, 11	____/20	Si obtuviste entre 0 y 11 puntos, realiza la actividad 1. Si tu rango está entre 11 y 17 puntos realiza la actividad 2. Si obtuviste más de 17 puntos realiza la actividad 9 de la página 178.
Caracterizar el origen, la dinámica y los efectos físicos de la actividad volcánica, en términos de la liberación y propagación de energía.	4, 8	____/8	Si obtuviste entre 0 y 4 puntos, realiza la actividad 3. Si tu rango está entre 5 y 6 puntos realiza la actividad 4. Si obtuviste más de 6 puntos realiza la actividad 10 de la página 178.
Caracterizar las distintas capas que forman la Tierra, para explicar diversos fenómenos geológicos.	1, 2, 10	____/11	Si obtuviste entre 0 y 6 puntos, realiza la actividad 5. Si tu rango está entre 7 y 9 puntos realiza la actividad 6. Si obtuviste más de 9 puntos realiza la actividad 11 de la página 179.
Identificar las evidencias científicas que respaldan la teoría de tectónica de placas.	3, 9	____/9	Si obtuviste entre 0 y 5 puntos, realiza la actividad 7. Si tu rango está entre 6 y 7 puntos realiza la actividad 8. Si obtuviste más de 7 puntos realiza la actividad 12 de la página 179.

## Actividades complementarias

- Actividad 1:** Haz un dibujo que represente las características de un sismo y establece las diferencias entre la magnitud y la intensidad del mismo.
- Actividad 2:** Comenta junto con tus compañeros las escalas de medición de los sismos y explícales cuál de ellas se basa en los daños. En conjunto, creen medidas de prevención de accidentes sísmicos dentro de la sala de clases.
- Actividad 3:** Elabora una maqueta con las partes que constituyen un volcán. Agrega banderas para identificar sus nombres.
- Actividad 4:** Explica, en términos de la presión y de la emanación del vapor, qué tipo de volcán es más peligroso: el que posee una chimenea o el que posee varias.
- Actividad 5:** Nombra las capas de la Tierra e identifica el estado de la materia en el que se encuentran. A continuación, explica en qué parte del planeta quedan pruebas de que en sus inicios fue una especie de “bola de fuego”.
- Actividad 6:** Relaciona la estructura interna de la Tierra con los eventos sísmicos y volcánicos que ocurren en la superficie.
- Actividad 7:** Describe las pruebas científicas que presentó Wegener para respaldar su hipótesis de deriva continental.
- Actividad 8:** Haz un dibujo para explicarle a otro compañero por qué, después de mucho tiempo, la hipótesis de Wegener pasó a ser teoría de tectónica de placas.

## Actividad 9

Lee el siguiente párrafo y luego realiza las actividades.

Los **sismos** son ocasionados por el movimiento de las capas internas de la Tierra debido a la **propagación de ondas** sísmicas. En las profundidades de la Tierra, segmentos de la corteza tienen desplazamientos repentinos. Estos **desplazamientos** producen una **acumulación de energía**, que luego se libera de manera súbita. Las placas se mueven y generan **vibraciones** que se transmiten a la superficie terrestre en la cual se forman ondas de distinta magnitud.

Los sismos tienen serios efectos en la vida social y económica de una región, de ahí la importancia de encontrar métodos adecuados para su predicción.



- Organiza los conceptos destacados, utilizando cualquiera de los organizadores gráficos que usaste a lo largo del texto. Si es pertinente, agrega otros conceptos.
- ¿Consideras que tú y tu comunidad están preparados para enfrentar una situación de emergencia ocasionada por un desastre natural como un terremoto? Justifica tu respuesta.
- ¿Qué procedimientos se deben seguir en caso de que se produzca un terremoto?
- ¿Qué entidades se encargan de divulgar las medidas de prevención ante la posibilidad de un terremoto?

## Actividad 10

El volcán Copahue se ubica en el límite entre la provincia de Neuquén, en Argentina, y la región del Biobío, en Chile. En mayo del año 2013 se detectó fuerte sismicidad en sus alrededores, junto con una gran columna de humo, lo que activó la alerta roja en las regiones de Argentina y Chile. La sismicidad se produjo con 3 134 eventos en 24 horas, con una separación no mayor a 8 segundos, entre sismos.

Los expertos coinciden en que la erupción del Copahue podría ocurrir en cualquier momento.

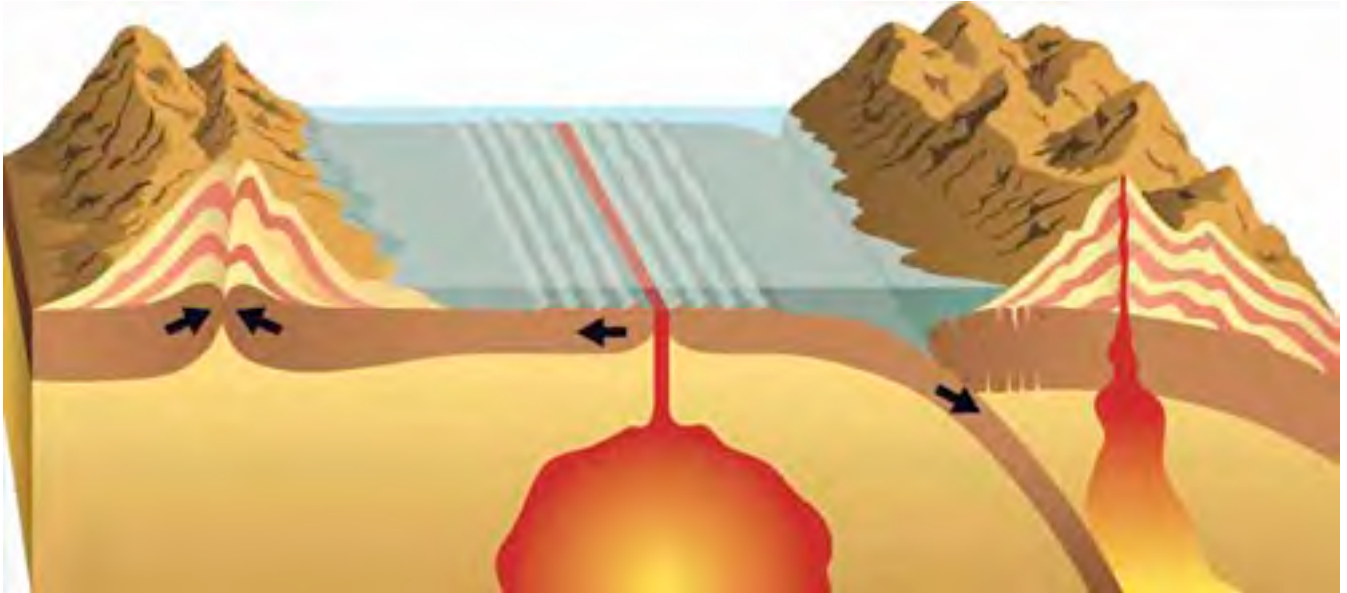
El vulcanólogo del Sernageomin, Luis Jara, aclaró que el peor escenario afectaría a un radio máximo de 25 kilómetros alrededor del volcán.

Con respecto a esta información, responde las siguientes preguntas:

- Averigua la función del Sernageomin, y cómo se relaciona con las medidas de seguridad frente a un evento volcánico como el del texto.
- Debate con dos o tres compañeros sobre las consecuencias sociales de las erupciones volcánicas.
- Conversa con tu familia acerca de las ventajas y desventajas de vivir en las faldas de un volcán.

### Actividad 11

El material de las placas tectónicas se forma constantemente en los límites divergentes. A su vez, este se destruye en las zonas de subducción de los límites convergentes.



Con respecto a esta información, ¿crees que la cantidad total de litósfera que existe en la Tierra es la misma desde sus orígenes? ¿Cómo explicarías tu respuesta?

### Actividad 12

Al extraer y datar muestras del fondo del Atlántico se han encontrado rocas de una antigüedad de tres millones de años a una distancia de 60 km al oeste de la dorsal, y rocas de cuatro millones de años a 80 km al este de la dorsal.

Con estos datos, calcula a qué velocidad se alejan Europa y Norteamérica. Expresa el resultado en milímetros de separación por año. Para responder esta pregunta, utiliza la fórmula de velocidad y las conversiones de unidades correspondientes.

$$v = \frac{d}{t}$$



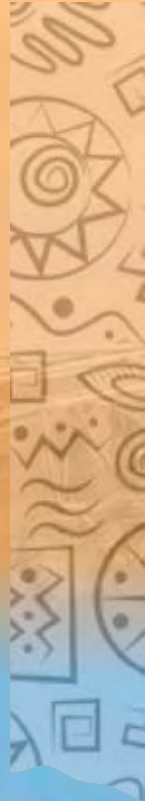




# ¿Los animales pueden detectar los sismos?

Existe evidencia relacionada con el comportamiento extraño que manifiestan algunos animales antes de un sismo. Las creencias populares indican que algunas especies de animales tienen un “sexto sentido”, puesto que se anticipan a estas catástrofes. La NASA, en cambio, ha encontrado respuestas científicas que se acercan a una explicación fidedigna; la superficie terrestre se perturba cuando se avecina un movimiento telúrico, evento que detectan los animales mucho antes que el ser humano.

El 26 de diciembre del año 2004 se desató en las costas de Indonesia un devastador sismo. Como consecuencia de este fenómeno se produjo un *tsunami* que afectó también a otras localidades, como Sri Lanka, Tailandia y Maldivas. El Parque Nacional de Yala se encuentra en la costa oeste de Sri Lanka. Cuando los guardaparques revisaron el lugar, se dieron cuenta de que ningún animal había muerto. Antes de ocurrido el *tsunami* las aves se desplazaron en bandadas hacia otros sectores y los elefantes subieron hasta las montañas, seguidos de búfalos y ciervos.



# ¡Sismos en la Luna!

**D**urante los años 1969 y 1972, los astronautas de la misión Apolo instalaron en la superficie lunar cuatro sismógrafos, los que enviaron información hacia la Tierra, por medio de ondas de radio, hasta el año 1977.

Gracias a estos instrumentos se descubrió que existen por lo menos cuatro tipos de sismos que se producen en la Luna. Algunos probablemente ocurren por el movimiento de mareas subterráneas (700 km aproximadamente). Otros se producen por la caída de meteoritos en la superficie lunar. También se registraron temblores “termales” causados por la expansión de la corteza glacial al ser iluminada por el Sol, luego de una noche lunar con temperaturas muy bajas y con una duración de dos semanas. Lo más sorprendente es que todos los sismos registrados duraron más de 10 minutos.



## Energía geotérmica en Chile

**C**on más de 3 000 volcanes en el territorio, que corresponden al 20 % del total de volcanes activos en el mundo, Chile se convierte en una potencia en el aprovechamiento de energía geotérmica. Este tipo de energía es limpia y no depende de las condiciones hídricas del año.

Experiencias en países como México, Italia y Estados Unidos demuestran que la energía geotérmica puede ser parte fundamental de la matriz energética del país.

Actualmente se desarrolla un proyecto de energía geotérmica en Curacautín, en la Región de La Araucanía. Si este proyecto se consolida, podría generar hasta 12 MW de energía eléctrica, suficientes para abastecer a unos 45 000 hogares. Así se evitaría la emisión de más de 200 000 toneladas de CO<sub>2</sub> por año.





# 4 Fuerza y movimiento

## Para comenzar

La joven de la imagen, al saltar, percibe que la superficie elástica la impulsa y la eleva en el aire. Si fueras tú el que salta en la cama elástica, verías que los objetos que te rodean se mueven, aunque sabes que tú eres el que te mueves. Con respecto a esta información y a la imagen responde:

1. ¿Cómo crees que actúa la cama elástica para impulsar a la niña?
2. Si una persona en reposo mira esta escena, ¿sería correcto afirmar que se mueve? ¿Por qué?
3. ¿Cómo diferenciarías algo que se mueve de algo que está quieto?



## Me preparo para la unidad

1. Busca información sobre cómo funciona la cama elástica, de qué materiales está compuesta y qué propiedades poseen dichos materiales para el funcionamiento de este juego.
2. Compara las definiciones de la palabra observador que aparece en el diccionario y en la Web. Luego, responde las preguntas en tu cuaderno y coméntalas con tus compañeros en clases.
  - a. ¿En qué se diferencia el término “observador” que aparece en el diccionario, del que se utiliza comúnmente en física?
  - b. ¿Qué podría ser un “observador”? Nombra al menos dos ejemplos.

## En esta unidad aprenderás...

### Lección 1: ¿Qué son las fuerzas?

Identificar el concepto de fuerza y conocer los efectos de la aplicación de fuerzas sobre los objetos.

### Lección 2: ¿Cómo se miden las fuerzas?

Relacionar la aplicación de fuerzas con la deformación de materiales elásticos y medir una fuerza a partir de dicha propiedad.

### Lección 3: ¿Cómo sé si algo se mueve?

Identificar un marco de referencia y un sistema de coordenadas para describir el movimiento.

### Lección 4: ¿Por qué el movimiento es relativo?

Identificar la relatividad del movimiento, relacionada con la velocidad y la adición de velocidades.



## ¿Qué son las fuerzas?

### Necesitas saber...

El concepto de fuerza y algunos de sus efectos en los cuerpos.

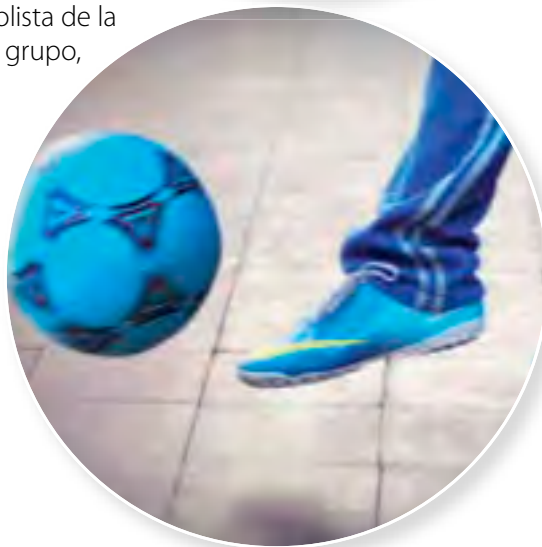
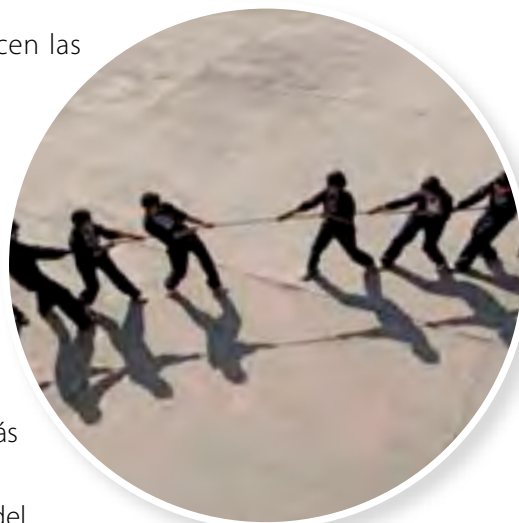
### Propósito de la lección

Como ya sabes, las fuerzas son capaces de originar cambios en el movimiento de los objetos. Sin embargo, también por efecto de una fuerza, los objetos pueden deformarse. En esta lección comprenderás de forma precisa cómo afecta la fuerza a los materiales elásticos.

### Actividad exploratoria

En grupos de cuatro integrantes, realicen las siguientes actividades:

1. Tomen una cuerda y ubíquense en parejas a cada extremo. Tiren hasta que una pareja gane. A continuación, respondan estas preguntas:
  - a. ¿Qué pareja ejerció más fuerza?, ¿por qué?
  - b. Si un integrante de una de las parejas se dispone al otro extremo de la cuerda, ¿qué equipo tendría más posibilidades de ganar?, ¿por qué?
2. A continuación, pidan a un integrante del grupo que imite la jugada del futbolista de la imagen. Cuando lo haya hecho, en grupo, respondan estas preguntas:
  - a. ¿En qué situación se ejerce más fuerza, al tirar de la cuerda o al patear una pelota?, ¿por qué?
  - b. ¿En qué caso la fuerza ejercida presenta mayor efecto? ¿A qué se debe esa diferencia?



### Concepto de fuerza

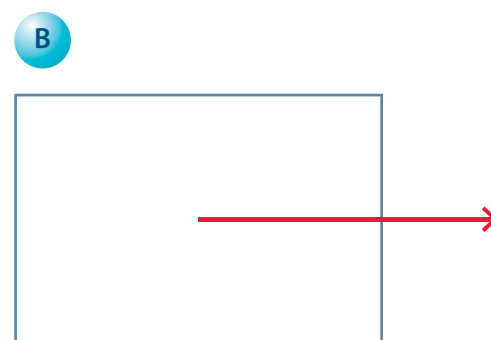
Una **fuerza** se asocia comúnmente a la idea de un empujón o un tirón. Sin embargo, este concepto es mucho más amplio y no solo se aplica al movimiento de los cuerpos, puesto que se refiere a la **interacción entre los cuerpos**. La acción de una fuerza no solo se traduce en movimiento, sino también en la ausencia de movimiento y en la deformación de los objetos, entre otros efectos.

De acuerdo con lo anterior, ¿es correcto decir que una persona tiene fuerza? Como ya sabes, un objeto puede ejercer fuerza sobre otro objeto, lo que produce un efecto. Esto significa que, si una persona empuja una caja, ejerce una fuerza sobre ella, lo que produce que se mueva.

## Modelando la idea de fuerza

En tu vida diaria has practicado muchas veces la aplicación de una fuerza. Por ejemplo, al empujar o tirar de un objeto ejerces una fuerza sobre él, que puedes dibujar con una flecha.

En la imagen A se muestra a una joven empujando una caja. En la imagen B se representa la fuerza ejercida por la joven sobre la caja. La flecha que representa la fuerza, se denomina **vector**. El tamaño del vector es representativo del valor de la fuerza que se está aplicando y la orientación del vector indica hacia dónde se ejerce la fuerza.



Se dice, por lo tanto, que la **fuerza** es una cantidad **vectorial** porque posee magnitud (intensidad), dirección (orientación o posición respecto de un eje), sentido (indica hacia qué lado de la dirección se aplica la fuerza) y un punto de aplicación.

La unidad de medida de la fuerza es el **newton (N)**. Una fuerza de 1 newton equivale aproximadamente a la que ejerces al sostener un teléfono celular básico, que posee una masa cercana a 100 gramos.

### Actividad 1



Toma tu libro de física y sostenlo en tu mano con el brazo estirado. Mantén esta posición todo el tiempo que puedas. Luego, responde estas preguntas:

1. **Explica** qué cuerpos están interactuando en el ejercicio que acabas de hacer.
2. ¿Puedes afirmar que el libro ejerce una fuerza sobre tu mano? ¿Cómo puedes evidenciarlo? **Explica** tu respuesta.

## Efectos de las fuerzas

Las interacciones entre cuerpos pueden tener dos tipos de efectos. El más común es el **cambio en el estado de movimiento** del cuerpo, que significa que este se pone en movimiento, o que ocurre una variación en su movimiento.

Como viste en años anteriores, existen distintos tipos de fuerzas actuando en distintas situaciones. Observa las imágenes:



Se muestra la fuerza que ejerce la mano de la joven sobre la pelota. Representa fuerza por contacto.



Se muestra la fuerza de atracción gravitacional entre la Tierra y la Luna.



Se muestra la fuerza de roce, que actúa en sentido opuesto al movimiento de la persona que está escalando la montaña.



Se muestra la fuerza que la cuerda ejerce sobre la flecha. Esta se denomina tensión.



Se muestra la fuerza normal que ejerce la mesa sobre el libro.



El segundo efecto es la **deformación**. Piensa en lo que ocurre con la plastilina o con un elástico cuando se les aplica una fuerza. En estos casos el objeto se deforma, lo que puede ser **permanente**, como en el caso de la plastilina, o **momentáneo**, como el caso de bandas elásticas y resortes.



Al ejercer fuerza sobre un trozo de plastilina, esta se deforma permanentemente.



Al estirar un elástico o comprimir un resorte se genera una deformación momentánea, pues al soltarlos, estos vuelven a su estado original.

Uno de los primeros estudiosos que trabajó en torno a la idea de fuerza fue Aristóteles (384 a. C. a 322 a. C.), cuyas ideas predominaron por más de dos mil años. Hoy, el concepto de fuerza se estudia de acuerdo con los tres principios propuestos por Isaac Newton (1642–1727), quien sentó las bases para la concepción moderna de fuerza.

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

- Lee las situaciones y **explica** el efecto de la fuerza en cada caso:
  - Un niño colocándose una venda elástica en el pie.
  - Una gimnasta apoyándose sobre una pelota.
- Consigue una moneda y un elástico. Luego, intenta deformarlos con tus manos. Cuando lo hayas hecho, responde estas preguntas:
  - Explica** si pudiste deformar la moneda y el elástico. Luego, infiere qué otra fuerza podrías aplicar para deformar estos objetos.
  - Describe** qué le ocurrió al elástico cuando ejerciste fuerza sobre él y cuando dejaste de estirarlo.
  - Reconoce** qué propiedad del elástico permite que se comporte de esa manera.





## ¿Cómo se miden las fuerzas?

### Necesitas saber...

El concepto de fuerza, masa y peso.

### Propósito de la lección

Existen muchos objetos elaborados con materiales que se consideran elásticos. Por ejemplo, cuando un arquero lanza una flecha, el arco se deforma mientras se apunta al objetivo. Luego del lanzamiento, el arco vuelve a su forma original. En esta lección aprenderás la relación que existe entre la fuerza que se ejerce sobre un objeto elástico y la magnitud de su deformación.

### Actividad exploratoria

Consigue 16 piedras pequeñas de similar tamaño, una bolsa plástica con asas, una regla y un elástico para billetes. Luego, sigue estas instrucciones y responde las preguntas asociadas.

1. Corta el elástico para que queden dos extremos libres.
2. Amarra uno de los mangos de la bolsa a un extremo del elástico.
3. Deposita dos piedras en la bolsa y mide con la regla cuánto se alargó el elástico. Luego, coloca cuatro piedras y vuelve a medir la longitud del elástico. Posteriormente repite el procedimiento agregando el doble de piedras. Anota tus resultados en la siguiente tabla.

Cantidad de piedras	Longitud del elástico (cm)
2	
4	
8	
16	

- a. ¿Qué ocurre con el elástico al colocar las piedras en la bolsa?
- b. ¿Qué ocurre con la longitud del elástico a medida que colocas el doble de piedras en la bolsa?
- c. ¿Qué puedes concluir acerca de la fuerza que ejercen las piedras sobre el elástico que sujeta la bolsa?

## Materiales elásticos: deformación y fuerza

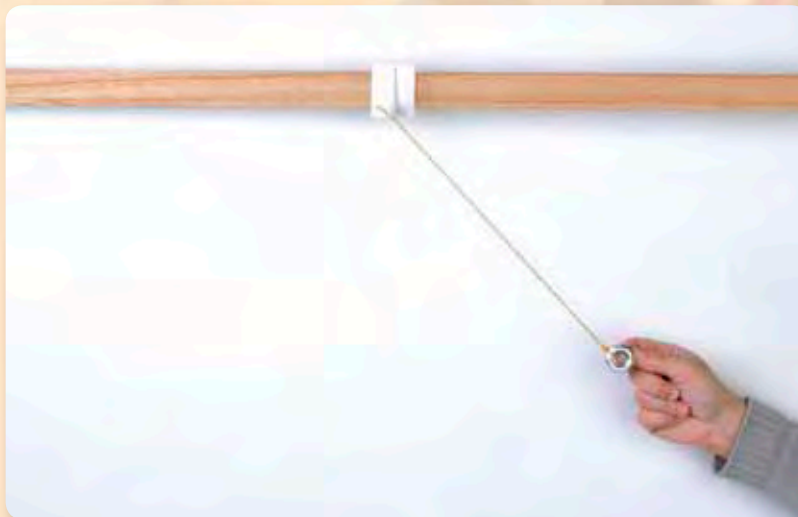
Recuerda lo realizado en la *Actividad exploratoria*. ¿Qué sucedió con el elástico al colocar las piedras en la bolsa? A los materiales que se deforman en su aspecto y tamaño cuando se les aplica fuerzas externas se les denomina **materiales elásticos**, cuya característica es que, al cesar la aplicación de una fuerza, vuelven a su estado inicial.

Existen materiales que se consideran **inelásticos**, ya que cuando se les aplica una fuerza no regresan a su estado inicial. Esto sucede con los metales, la plastilina y la arcilla.

## Minitaller científico 1

El objetivo de este minitaller es identificar cómo se puede medir una fuerza utilizando materiales elásticos. Junto con dos compañeros, consigan bandas elásticas y resortes. Luego, sigan estas instrucciones:

1. Fijen uno de los extremos de un elástico a una superficie. Tomen el extremo libre y apliquen una fuerza de baja magnitud por 30 segundos. Luego, apliquen una fuerza de mayor magnitud y manténganla también por 30 segundos.



2. Anoten en sus cuadernos las diferencias entre ambas experiencias.
3. Fijen el resorte a una superficie y repitan el paso 1.

Cuando hayan realizado la experiencia, respondan las siguientes preguntas:

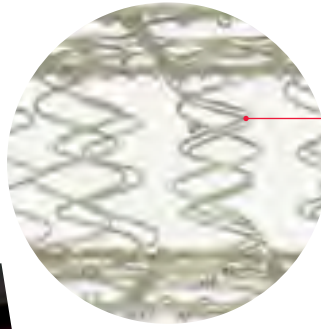
- a. ¿Qué ocurre con la elongación del elástico y del resorte al aplicar una fuerza sobre ellos?
- b. ¿Qué relación pueden establecer entre la magnitud de la fuerza y la magnitud de la elongación?
- c. Según la información recopilada en esta actividad, ¿es posible medir la fuerza utilizando materiales elásticos? Expliquen su respuesta.
- d. ¿Qué propiedad física poseen el elástico y el resorte, que les permite, bajo la acción de una fuerza, cambiar de forma y, en ausencia de esta, recuperar su estado inicial?

En la actividad anterior observaste que algunos materiales, luego de una deformación, pueden volver a su forma original. Cuando a un material elástico se le aplica una fuerza externa, este genera una fuerza de igual magnitud, pero en sentido contrario a la deformación. A esta fuerza se le llama de **restitución elástica**.

Por ejemplo, cuando aplicaste la fuerza de mayor intensidad al elástico por 30 segundos, fue más difícil mantener esa fuerza que cuando aplicaste la fuerza de menor intensidad; esto ocurrió porque el elástico aplicó una mayor fuerza de restitución elástica. Como la fuerza de restitución elástica es de la misma magnitud que la fuerza aplicada, es la utilizada para medir la fuerza.

### ¿Qué objetos poseen materiales elásticos?

Observa estos objetos. Según sus descripciones, todos funcionan con resortes contruidos con materiales elásticos. La pregunta que surge es, ¿cómo funcionan los resortes? ¿Tienen un límite de estiramiento? ¿Pueden elongarse infinitamente sin sufrir deformaciones?



Los colchones tienen un “enrejado”, que distribuye sobre los resortes la fuerza ejercida por la persona que se acuesta sobre él.

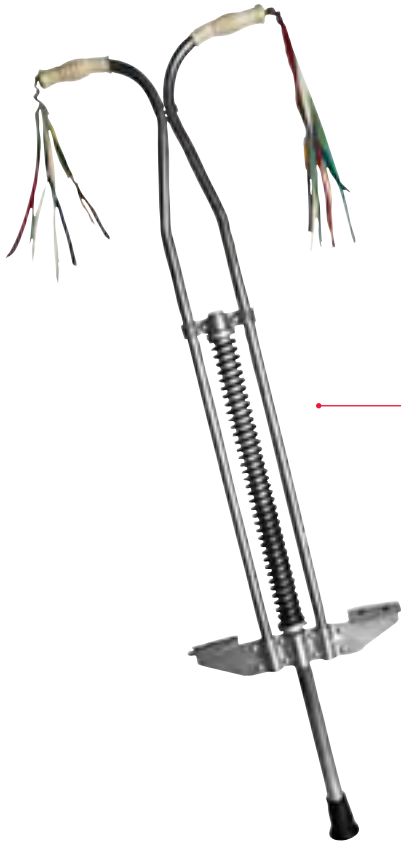


Los resortes del sistema de suspensión de un vehículo absorben la fuerza de los golpes que reciben las ruedas.



La pesa de baño posee resortes elásticos que reciben la fuerza que las personas ejercen al subirse en ellas. Si bien su escala arroja valores para la masa, su funcionamiento es similar a los dinamómetros. ¿Sabes qué es un dinamómetro?

La balanza de cocina también posee resortes que, junto con otros mecanismos, permite medir la masa. Este objeto, al igual que la pesa de baño, recepciona la fuerza que ejercen los alimentos sobre su plataforma.



Este juguete llamado canguro saltarín funciona con la compresión y alargamiento de un resorte. Cuando este se contrae impulsa y eleva a la persona que está sobre el soporte, y cuando vuelve a su posición original o se restituye, lo devuelve al suelo.

## Actividad 2



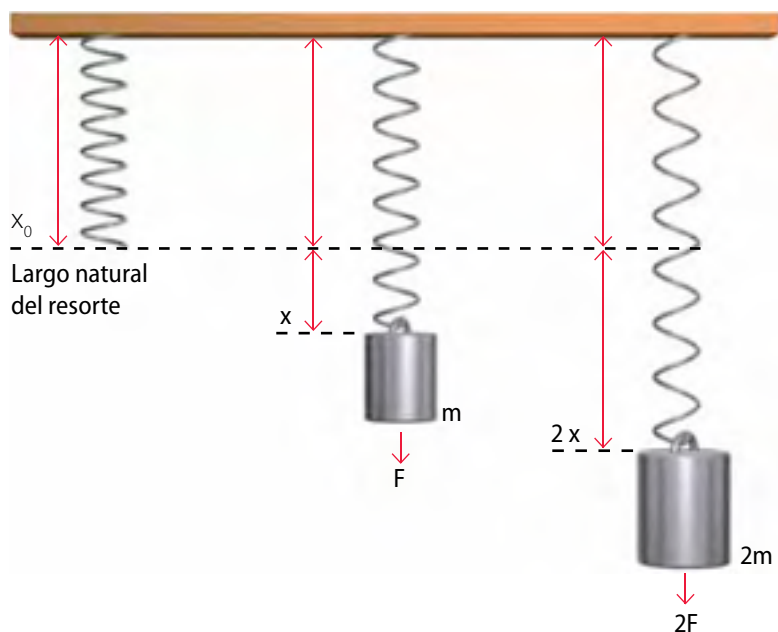
Busca en tu casa o en el colegio materiales que tengan dentro de su estructura resortes o materiales elásticos. Luego, manipúlalos y fíjate si, al deformarlos, estos vuelven a su forma normal o si se deforman permanentemente. **Organiza los resultados** que obtengas en una tabla de datos como la siguiente:

Material	Deformación

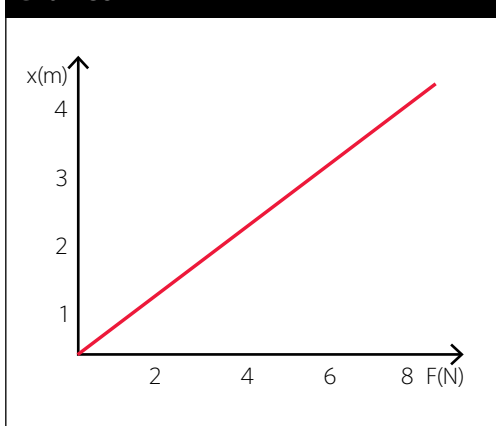


## ¿Qué es la ley de Hooke?

En la *Actividad exploratoria*, observaste que al colocar más piedras en la bolsa más se estiraba el elástico. La relación entre fuerza y estiramiento fue establecida por Robert Hooke (1635-1703) en el siglo XVII. Este físico inglés observó que el largo natural del resorte se modificaba (se estiraba o alargaba) proporcionalmente al peso que se colgaba desde él. En el esquema puedes observar que, a medida que aumenta la masa colgada del resorte, aumenta también su deformación.



**Gráfico 1**



Hooke se dio cuenta de que al graficar la fuerza que se le aplicaba al resorte en función de la elongación que presentaba, se originaba una línea recta, es decir, la fuerza era directamente proporcional a la elongación del resorte. De esta manera llegó a concluir que: los cambios de longitud de un material elástico son directamente proporcionales a la magnitud de la fuerza que se les aplica. Esta afirmación es la llamada **ley de Hooke**, cuya expresión matemática es:

$$F = k \cdot \Delta x$$

Donde:  $F$  es la fuerza aplicada al resorte.

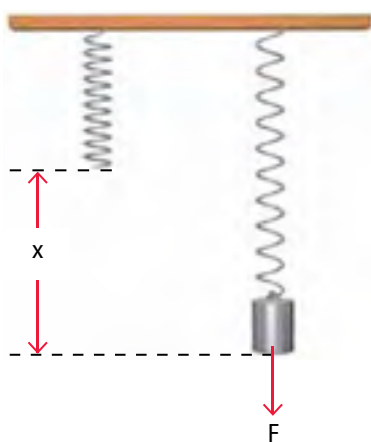
$x$  es el cambio de longitud del resorte.

$k$  es el coeficiente de elasticidad.

¿Cómo se lee esta fórmula? Para alargar (o comprimir) un resorte en una longitud  $x$ , desde su largo natural, es necesario que se aplique una fuerza  $F$  sobre el resorte.

¿Cuál es el significado físico de  $k$ ? El valor de la constante  $k$  es una medida de la resistencia a la deformación que posee el resorte. A mayor valor, mayor resistencia a la deformación. Esta constante recibe el nombre de **coeficiente de elasticidad**.

En el sistema internacional de unidades,  $k$  se mide en **newton/metro (N/m)**



La masa ejerce una fuerza  $F$  sobre el resorte, produciendo una deformación  $x$  en él.

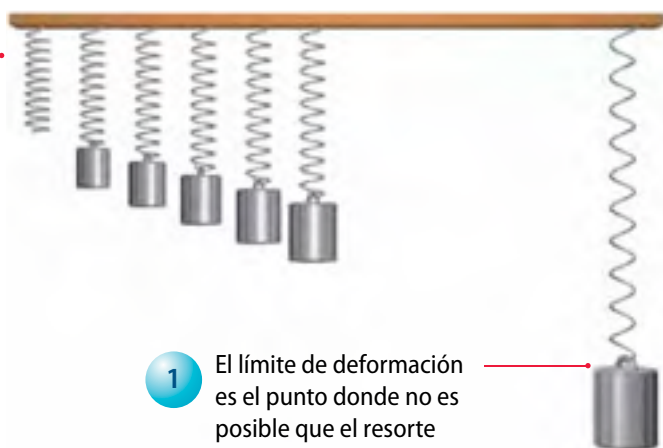
Como estamos estudiando el comportamiento del resorte, lo que nos interesa saber es la fuerza que el resorte ejerce para volver a su forma original, es decir, nos interesa conocer la **fuerza de restitución elástica**. Esta fuerza es de igual magnitud a la fuerza que se ejerce sobre el resorte, pero en sentido opuesto, lo que significa que esta fuerza tiene signo contrario a la fuerza externa. Así, la expresión matemática para la ley de Hooke, considerando la fuerza de restitución elástica es:

$$F_R = -k \cdot \Delta x$$

Según lo que has visto hasta este momento, ¿podrías afirmar que todos los materiales elásticos cumplen la ley de Hooke? Si estiras un resorte o un elástico más de lo que permite el material del que está elaborado, el elemento no podrá volver a su estado inicial. Este punto se conoce como **límite elástico**, lo que significa que la ley de Hooke es válida siempre y cuando el estiramiento del material no sobrepase su capacidad de restitución elástica. Observa la ilustración para que comprendas este concepto.

2

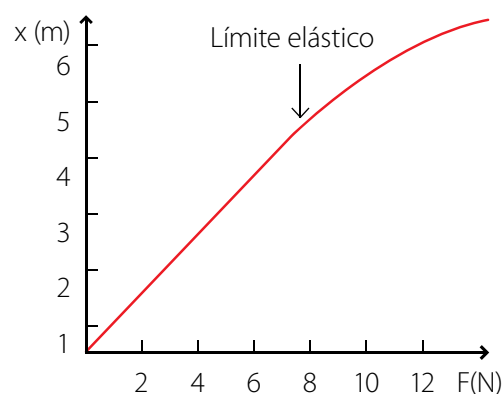
El resorte no recupera su longitud inicial cuando supera el límite elástico.



1

El límite de deformación es el punto donde no es posible que el resorte vuelva a su forma original. Este se denomina punto de deformación máxima.

Gráfico 2



El rango de validez para la ley de Hooke depende del material de los resortes y se determina experimentalmente. Para indicar que los resortes cumplen con la ley de Hooke, sin importar su elongación, se dice que son **resortes ideales**.

### Actividad 3



**Analiza** los gráficos de estas páginas (192 y 193) Luego, responde:

- ¿Cuál es la diferencia entre ellos?
- De acuerdo con lo que sabes de restitución elástica, ¿cómo **explicarías** el gráfico 2 a un compañero?

## Ejemplo resuelto 1

### Ley de Hooke

#### Situación problema

El tensor es un aparato que se utiliza para aumentar la fuerza muscular. Está formado por una o varias gomas unidas por dos asas.

Si se deja un asa fija y se aplica una fuerza de 10 N, ¿cuánto se estirará la goma, si la constante de elasticidad es de  $100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ ?



#### Entender el problema e identificar las variables

En este caso, se busca encontrar el valor de la elongación de la goma que forma parte del tensor. Estas cumplen la ley de Hooke, por ende, se debe conocer la constante de elasticidad para aplicar el modelo matemático.

#### Registrar los datos

Constante elástica  $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$

Fuerza aplicada  $F = 10 \text{ N}$

#### Aplicar el modelo matemático

Para calcular el estiramiento de la goma del tensor, se utiliza la ecuación que representa la ley de Hooke:

$$F = k \cdot \Delta x$$

Como ya conoces los datos de la constante elástica  $k$  y el valor de la fuerza  $F$ , se replazan en la ecuación, donde:

$$10 \text{ N} = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot \Delta x$$

Al despejar la ecuación obtienes:

$$\Delta x = \frac{10 \text{ N}}{100 \frac{\text{N}}{\text{m}}} = 0,1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$$

Finalmente, si transformas 0,1 m en cm, tienes que:

$$x = 10 \text{ cm}$$

#### Redactar una respuesta

Al ejercer una fuerza de 10 N sobre la goma de un tensor de gimnasio, cuya constante de elasticidad  $k = 100 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ , el valor del estiramiento de la goma es  $x = 10 \text{ cm}$

### Ahora Tú

Tomando en cuenta el ejemplo anterior, ¿cuál será el valor del estiramiento  $x$  si el tensor posee dos gomas?

## ¿Cómo se demuestra la ley de Hooke?

Los **dinamómetros** son instrumentos que basan su funcionamiento en la ley de Hooke. Se utilizan para pesar objetos. En su interior poseen un resorte y una escala graduada en Newton (N). Al ejercer una fuerza o colgar un objeto en estos instrumentos, un indicador marca el valor de la fuerza.

La ventaja de los dinamómetros es que pueden medir fuerzas en distintas orientaciones. Observa las imágenes:

La fuerza peso aplicada por la masa es equiparada por la fuerza de restauración del dinamómetro.



En la imagen, el cubo actúa como un soporte. La medición del dinamómetro en el momento justo antes de que el cubo se mueva representa el valor de la fuerza de roce estática máxima. Cuando el cubo entra en movimiento, la medición del dinamómetro disminuye y representa el valor de la fuerza de roce cinético.

Cuando cuelgas un objeto de un dinamómetro, la fuerza que actúa es el propio peso del cuerpo. La medida de esta fuerza se observa en el valor que marca el instrumento en su escala.

### Recuerda **que**

El peso es la fuerza que ejerce la Tierra sobre los objetos, la que se expresa en unidades de Newton.



## Balanza y dinamómetro

No debes confundir la función del dinamómetro con la balanza. El dinamómetro mide el peso de un cuerpo, es decir, mide la fuerza con la que un objeto es atraído por el campo de gravedad de la Tierra. La balanza, en cambio, mide la masa, es decir, la cantidad de materia de dicho objeto. Aunque ambos instrumentos miden distintas magnitudes (masa y fuerza), la balanza funciona en base al mismo principio: la ley de Hooke.



## Lección 2

### Recuerda **que**

La fuerza peso se calcula multiplicando la masa por la acción de la aceleración de gravedad, que en la Tierra tiene un valor promedio de  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### Minitaller científico 2

El objetivo de esta actividad es que apliques la ley de Hooke. En grupo, consigan un resorte, clips, un trozo de cartón piedra (más largo que el resorte), chinchas mariposa, cinta adhesiva, papel milimetrado, un vaso de plumavit, hilo y monedas de \$ 10. Luego, sigan estos pasos:

1. Peguen sobre el rectángulo de cartón piedra el papel milimetrado.
2. Fijen un clip en cada extremo del resorte. Luego, fijen uno de ellos al cartón con los chinchas mariposa.
3. Corten la parte superior del vaso de plumavit y conserven su base. Realicen tres orificios en el borde del vaso y amarren tres hilos. Únanlos para que el vaso quede como un soporte.
4. Cuelguen el vaso del gancho inferior del resorte.
5. Midan la masa de una moneda y luego únanlas con cinta adhesiva de modo que simulen masas conocidas. Dispónganlas en el vaso y marquen en el papel milimetrado el estiramiento del resorte en cada caso.
6. Para cada elemento, multipliquen su masa (en kilogramos) por 9,8 para obtener el valor de la fuerza peso en Newton y registren este valor en la marca que indica el estiramiento del resorte.

A continuación, respondan estas preguntas en sus cuadernos:

- a. Explica cómo se aplica la ley de Hooke en esta experiencia.
- b. Si no hubieses hecho el cálculo matemático propuesto para obtener el valor de la fuerza en Newton, ¿este modelo representaría un dinamómetro o una balanza? Expliquen.
- c. ¿Qué materiales utilizarían para construir un dinamómetro que mida la fuerza peso de objetos con mayor masa? Elaboren un modelo.

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza la siguiente actividad:

En un laboratorio de Física, se midió la longitud de un resorte al aumentar la fuerza aplicada en uno de sus extremos. Los datos se muestran en la siguiente tabla:

Con respecto a la información de la tabla:

1. ¿Cuál es el largo natural del resorte?
2. ¿Cuál es el coeficiente de elasticidad ( $k$ ) del resorte?
3. **Construye un gráfico** que represente fuerza versus elongación del resorte.

Fuerza (N)	Longitud (mm)	Elongación del resorte (mm)
0	50	
1	58	
2	67	
3	75	
4	84	
5	90	

## ¿Cómo se plantea un problema de investigación?

Antes de comenzar a investigar un cierto problema, se debe observar minuciosamente el fenómeno que se pretende estudiar. La observación suele ser exploratoria, es decir, no se planifica, sino que se desarrolla de acuerdo con la curiosidad del investigador. A veces, a partir de estas observaciones surgen preguntas, inquietudes o problemas que hay que resolver para comprender el fenómeno.

Es muy importante contrastar las observaciones y la información arrojada con el conocimiento previo acerca de la temática de investigación. Esto permite afinar la idea inicial y estructurarla para que sea relevante y así constituya un problema de investigación propiamente tal, que entregue información interesante y que aporte nuevo conocimiento.

Entonces, para plantear un problema científico con claridad conviene seguir algunos pasos:

1. Elegir un tema para investigar.
2. Obtener información acerca del conocimiento científico existente, relacionado con el tema.
3. Formular claramente el problema de investigación. Este se puede plantear como una pregunta.
4. Elaborar hipótesis que expliquen de manera anticipada el problema o pregunta de investigación.
5. Verificar si se puede experimentar y obtener datos.
6. Justificar el planteamiento del problema. Es interesante y conveniente que el investigador exponga las razones por las que plantea ese problema, lo que puede incluir posibles consecuencias y proyecciones de la investigación.



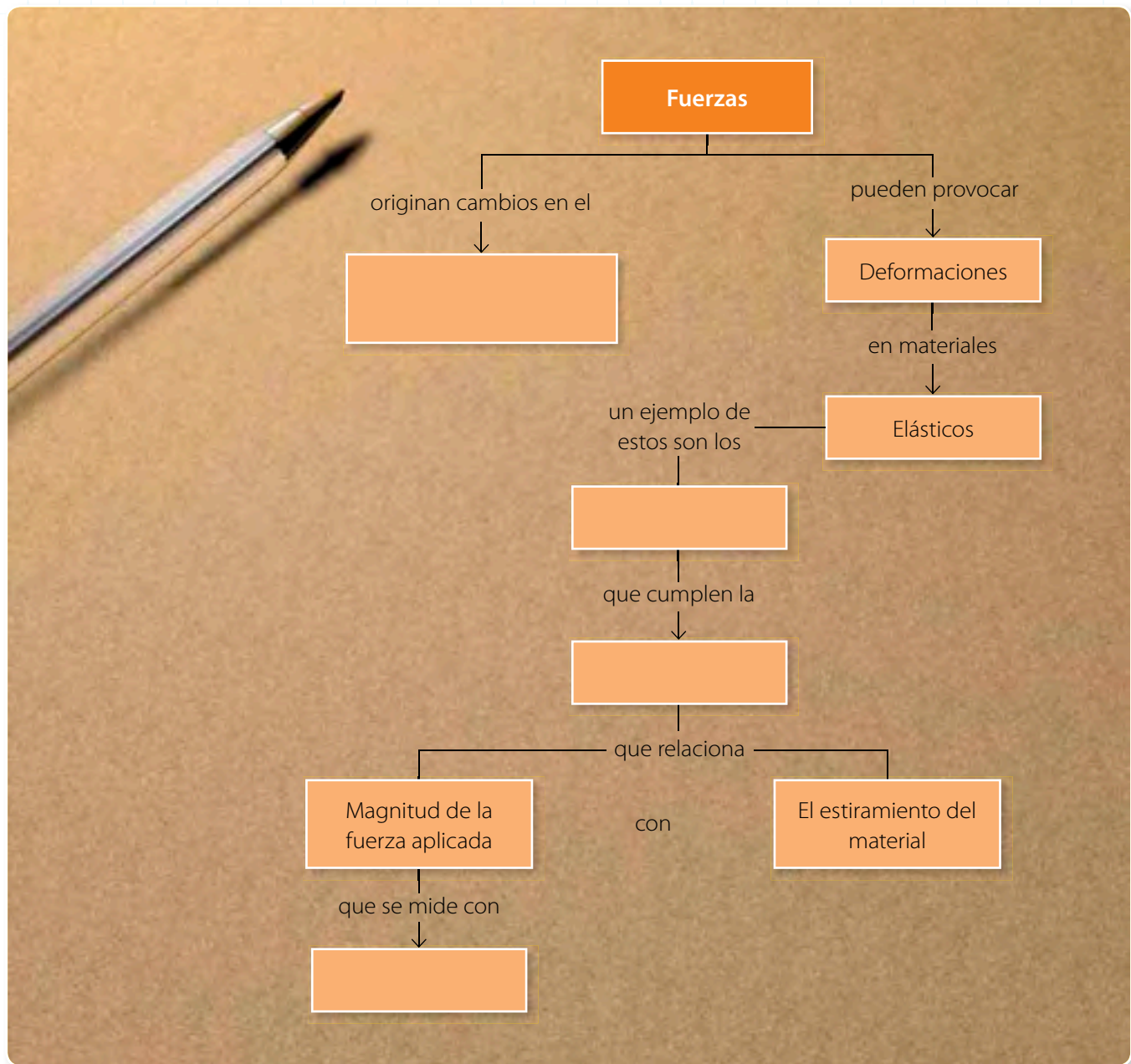
### Ahora tú

Lee las siguientes preguntas y determina si corresponden a posibles problemas de investigación. Luego, justifica tus respuestas.

- a. ¿El hueso de las extremidades inferiores constituye un ejemplo de material elástico?
- b. ¿De qué depende que un material tenga distinto límite elástico?
- c. ¿Se ve mejor un material deformado permanentemente o uno que vuelve a su estado original?
- d. ¿La ley de Hooke se puede aplicar a cualquier material elástico?

## Organizando lo aprendido

1. De acuerdo con lo que has estudiado en las lecciones 1 y 2, completa el siguiente mapa conceptual:

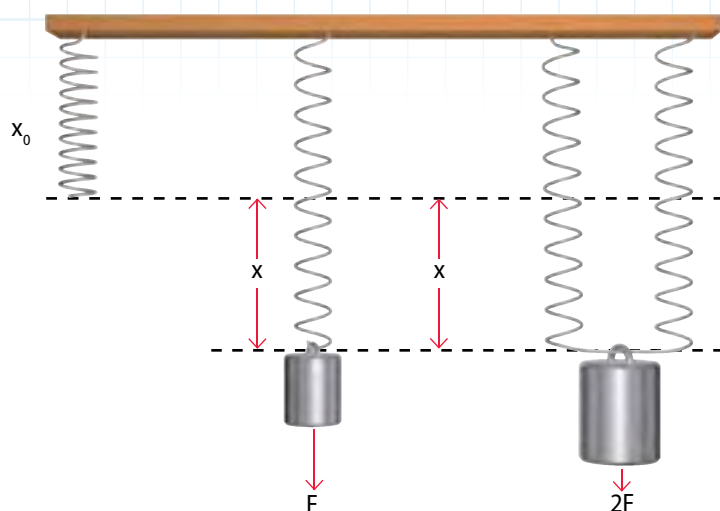


2. Agrega más conceptos al mapa anterior. Puedes revisar las lecciones nuevamente para escogerlos.

## Actividades

1. Clasifica los siguientes cuerpos según el efecto permanente o momentáneo de la fuerza aplicada sobre ellos:  
**Resorte-bloque de madera-plasticina-trozo de lámina de corcho-llave de metal-azulejo-sweater de lana.**
2. ¿Qué características posee un material que se considera elástico?
3. Explica la ley física en la cual se basa el funcionamiento del dinamómetro.

4. Observa la ilustración y explica la deformación de los resortes, según la ley de Hooke.



5. Un resorte mide 8 cm cuando está en reposo. Al tirar de él con una fuerza de 2 N se observa que mide 9 cm. Con estos datos, calcula:
- el valor del coeficiente de elasticidad del resorte.
  - la longitud del resorte si la fuerza que se ejerce sobre él es de 6 N.
6. Si para un resorte el coeficiente de elasticidad tiene un valor de  $k = 2 \text{ N/m}$ , significa que:
- la deformación que se produce en el resorte es de 2 N.
  - cada 2 N de fuerza que se ejercen, el resorte se deforma 2 m.
  - cada 2 N de fuerza que se ejercen, el resorte se deforma 1 m.
  - cada 1 N de fuerza que se ejerce, el resorte se deforma 2 m.
7. Lee el siguiente texto y luego responde las preguntas en tu cuaderno:

*El éxito de la resistencia de la tela de araña se debe a la perfección del material y a cómo la tejen. Se trata de fibras elásticas muy resistentes, que son actualmente el objeto de estudio de muchos científicos. Algunos consideran posible usar este material para fabricar hilo quirúrgico, fibras ópticas, chalecos antibalas y ropa deportiva.*

*Una opción para obtener grandes cantidades de este hilo sería criarlas en cautiverio, pero parece que, en esas condiciones, las arañas se vuelven agresivas, y las granjas para su cría no resultan una buena inversión. Entonces surgió la idea de usar la ingeniería genética, aislando los genes de la araña para introducirlos en bacterias. Estas produjeron la proteína que forma el hilo de la araña, la que junto con otras sustancias, dio origen al producto deseado. Este método permitió obtener hilos cuya longitud resultó ser prácticamente ilimitada.*



- ¿Qué problema de investigación se desprende de este párrafo? Formúlalo basándote en la información que leíste.
- ¿Existe una sola técnica para estudiarlo? Explica.



## ¿Cómo sé si algo se mueve?

### Necesitas saber...

El concepto de rapidez y cómo se mide la distancia.

### Propósito de la lección

Para describir el movimiento de un objeto primero es necesario saber cuál es su posición a medida que se va moviendo. En esta lección aprenderás a determinar cuándo un objeto está en movimiento, en relación con distintos puntos de referencia.

### Actividad exploratoria

Observa esta imagen. Imagina que estás hablando por teléfono con un compañero de curso, al que le explicas quiénes están en la sala de música y cómo es la habitación en la que se encuentra la banda del colegio. A continuación responde estas preguntas:

- Explícale a tu compañero dónde está ubicado el baterista.
- Si tu compañero te pregunta dónde están ubicadas las luces de la sala de ensayo ¿cómo se lo explicarías?
- ¿Puedes describir la posición del pianista sin mencionar a ningún integrante de la banda ni a ningún otro objeto? Explica.



### Sistemas de referencia

Como viste en la *Actividad exploratoria*, es difícil describir la posición del baterista de la banda sin hacer **referencia** a otro integrante o a otro instrumento. Por ejemplo, podrías decir que está al lado izquierdo del pianista, si es que miras la sala de frente. Si estimaras la distancia a la que se encuentran los músicos, podrías decir que el baterista está a dos metros y medio aproximadamente del bajista.

## Actividad 4



1. Vuelve a **observar** la fotografía de la *Actividad exploratoria* y dibuja un punto en cualquier lugar (punto O). Luego, completa las siguientes posiciones:
  - El platillo de la batería está a \_\_\_\_\_ del punto O.
  - El contrabajista está a \_\_\_\_\_ del punto O.
  - El tecladista está a \_\_\_\_\_ del punto O.
2. Ahora elige otro punto P cualquiera y **describe** en tu cuaderno la posición de los tres elementos anteriores. A continuación, responde estas preguntas:
  - a. ¿Las posiciones descritas son las mismas? ¿En qué te basaste para responder?
  - b. Comparando las posiciones respecto a O y respecto a P, concluye en tu cuaderno qué ocurre con la posición de un cuerpo si cambias el punto de referencia que utilizas para describirla.

## Sistema de coordenadas

“¿Dónde está mi texto de física?”. Seguramente te has hecho esta pregunta más de alguna vez en tu casa. “Lo vi debajo de tu mochila” puede ser la respuesta de quien lo haya visto. Tanto en esta situación como en las dos actividades anteriores para describir la posición de un cuerpo es necesario considerar un punto o un conjunto de puntos que no se mueven entre ellos. A dicho punto se le conoce como **marco de referencia**.

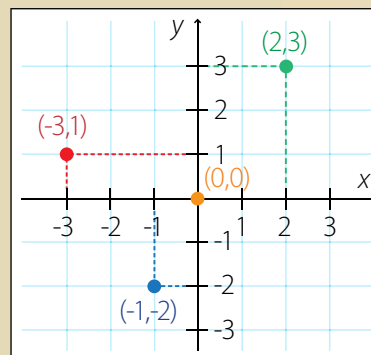
La elección del marco de referencia es arbitraria. En el caso del baterista, para determinar su posición, el punto de referencia podría ser la flautista o la trompetista. La elección, en general, depende de lo que se quiera observar, de modo que se debe escoger un sistema de referencia que permita identificar fácilmente la posición de los objetos.



## El desafío de

## René Descartes

Filósofo y matemático francés. Se destacó por plantearse problemáticas relacionadas con el universo, el cuerpo humano y la matemática. En el ejército, al observar el vuelo de una mosca, se le ocurrió que su posición podía determinarse en cada momento de su vuelo al localizar los planos perpendiculares que se cortan en el punto donde se ubica. Este punto se determina por dos rectas que se cortan perpendicularmente. Así nació el sistema de coordenadas, llamado sistema de coordenadas cartesianas en su honor.



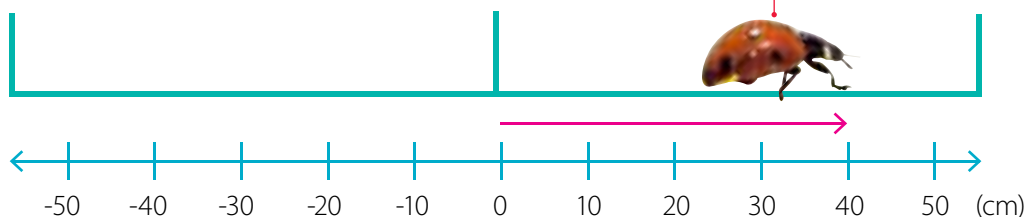
## Lección 3

Además de un marco de referencia para describir la posición exacta de un cuerpo, es necesario indicar qué tan lejos o cerca está dicho cuerpo de la o las referencias que se utilicen.

Para identificar la posición de un cuerpo se usa un **sistema de coordenadas**, que corresponde a un conjunto de números que informan exactamente la posición de un punto o un objeto. En otras palabras, si dos puntos tienen las mismas coordenadas, significa que estamos frente al mismo punto.

Existen distintos sistemas de coordenadas que se utilizan dependiendo del movimiento que se quiera describir. Observa los siguientes ejemplos:

Si piensas en el camino que recorre una chinita por el borde de una ventana, se pueden establecer todas sus posiciones en una dimensión. Por esto el movimiento se considera unidimensional y el sistema de coordenadas que se usa es la recta numérica, la que se gradúa en metros (o múltiplos de él) según el sistema internacional.



El punto de referencia en esta recta se escoge arbitrariamente y corresponde a cero. La posición se representa mediante una flecha y, en el caso unidimensional, puede ser negativa o positiva, dependiendo de si la chinita está a la izquierda o a la derecha del cero. Si se transforman los valores de la recta numérica a centímetros, entonces la posición de la chinita es 40 cm.

Veamos otros ejemplos para explicar mejor el sistema de coordenadas:



El movimiento de las bicicletas y del avión se puede describir por medio de un sistema de coordenadas. Si las rectas numéricas estuvieran graduadas en metros, ¿cuál sería la posición de las ruedas delanteras de las bicicletas, con respecto al punto de referencia?

## Actividad 5



Esta imagen representa las huellas que deja un felino a medida que camina por una duna. Obsérvala y haz estas actividades:

1. **Describe** el movimiento del animal de acuerdo con lo que has aprendido.
2. ¿Qué marco de referencia deberías escoger para que el movimiento fuese positivo?
3. ¿En qué lugar de la imagen ubicarías el origen del eje de coordenadas?



### ¿Se mueve o no se mueve?

Andrés tiene un gato. Antes de irse al colegio notó que su gato dormía en su lugar favorito y cuando volvió se dio cuenta de que el gato seguía en el mismo sitio. ¿Crees que el gato se movió durante el tiempo que Andrés no estuvo en su casa?



Según lo anterior, podrías pensar que la posición del gato a las 11:30 es la misma que a las 19:30 y que, por lo tanto, el gato no se movió. Si discutieras con un compañero, él podría decir que el gato comió y bebió agua durante el día y que, por ende, sí se movió.

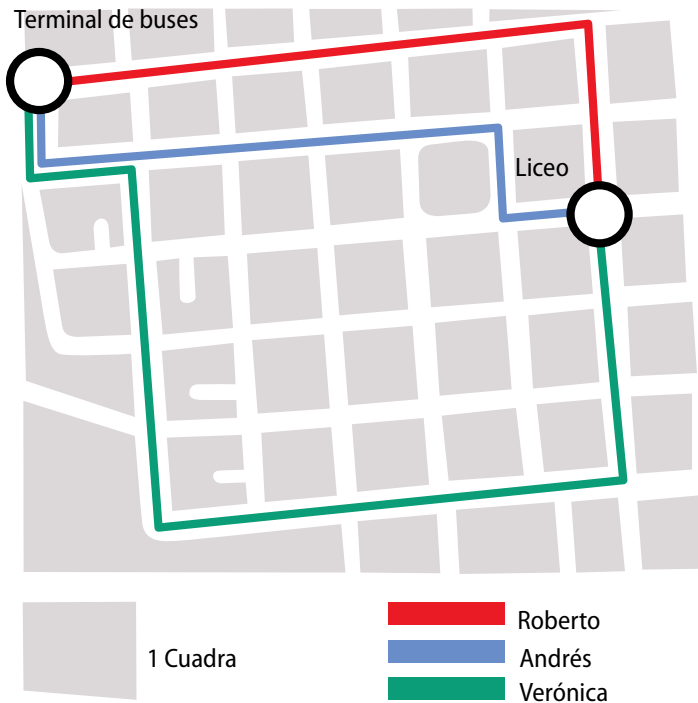
Para poder saber si efectivamente el gato se movió o no tendríamos que conocer cuál fue su **posición** a medida que transcurrió el tiempo. Por ende, el tiempo también es una variable que influye en la descripción del movimiento, es decir, se establece que algo se mueve cuando su posición cambia en el tiempo.

La situación anterior destaca la importancia de analizar la forma en la que ocurre el cambio de posición entre un punto y otro y cómo el tiempo se relaciona con dicho cambio.



## Lección 3

### Actividad 6



Roberto, Andrés y Verónica estudian en el Liceo Luis Cruz Martínez de Curicó. Comúnmente, al salir de clases, caminan juntos al terminal de buses para irse a sus casas. Un día cada uno decidió tomar un camino distinto, como se muestra en el mapa.

Luego de **observar** el mapa responde las siguientes preguntas:

1. **Calcula** cuántas cuadras caminó cada uno.
2. Además del número de cuadras caminadas, ¿en qué otro aspecto se **diferencian** los caminos seguidos por cada uno?
3. ¿Qué tienen en común los tres caminos?  
**Explica.**

### Cambio de posición y desplazamiento

En la actividad anterior, cada marca de color muestra en el mapa el camino que siguió cada joven y corresponden al conjunto de todas las posiciones por las que pasaron. Al conjunto de puntos se le llama **trayectoria**. La longitud de la trayectoria es la **distancia recorrida** y se mide en metros. Podemos decir entonces que Verónica recorrió una distancia mayor que el resto de sus amigos.

Lo común de las trayectorias de los jóvenes es que todas comienzan y terminan en un mismo punto (el liceo y el terminal de buses). Esto significa que cada uno ellos cambió su posición desde un punto A (posición inicial) hasta un punto B (posición final). Este cambio de posición se denomina **desplazamiento**, y se expresa matemáticamente de la siguiente forma:

$$\Delta x = x_f - x_i, \text{ donde:}$$

$x_i$  corresponde a la posición inicial.

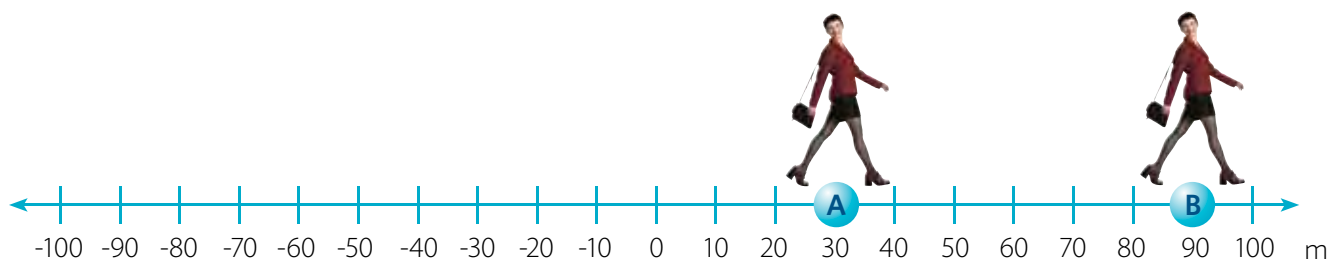
$x_f$  corresponde a la posición final.

Ten en cuenta que el desplazamiento no es lo mismo que la trayectoria: al lanzar una pelota hacia arriba y luego al recibirla, la distancia que recorre es dos veces la altura que alcanza; sin embargo, su desplazamiento es cero, pues vuelve al punto de partida.

En el ejemplo de la página siguiente se representa el desplazamiento de una persona que camina por la calle. Veremos cómo es su desplazamiento en función del cambio de posición.

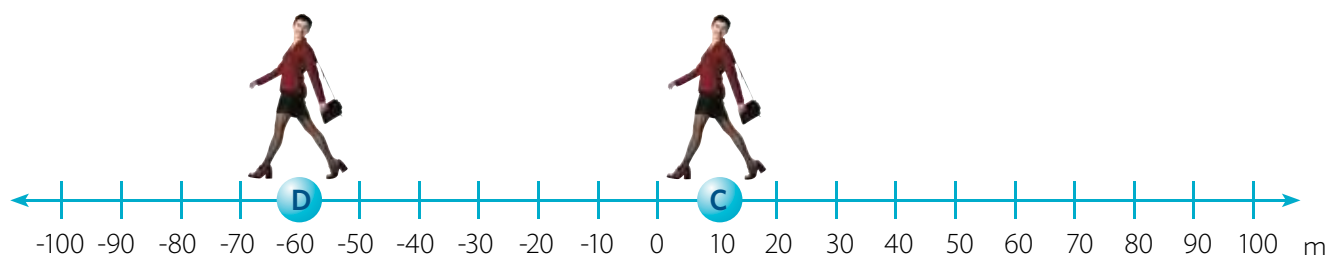
Si se mueve desde el punto A al punto B, de modo que su posición inicial es  $x_i = 30$  m y su posición final es  $x_f = 90$  m, el desplazamiento es:

$$\Delta x = x_f - x_i = 90 \text{ m} - 30 \text{ m} = 60 \text{ m}$$



Ahora, si la persona se mueve desde el punto C al punto D, su posición inicial es  $x_i = 10$  m y su posición final  $x_f = -60$  m, el desplazamiento es:

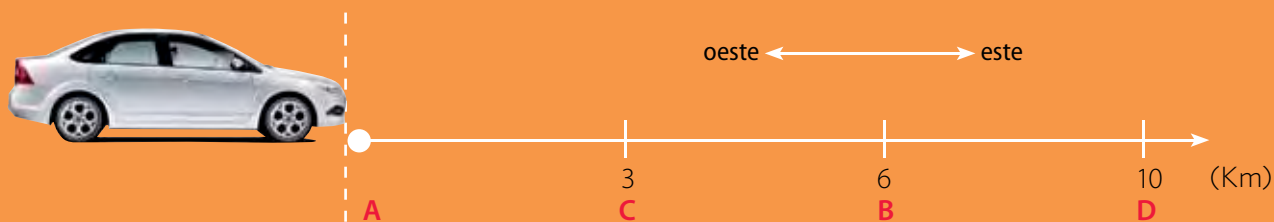
$$\Delta x = x_f - x_i = -60 \text{ m} - 10 \text{ m} = -70 \text{ m}$$



## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. El chofer de un taxi colectivo debe dejar a tres pasajeros en sus hogares, de acuerdo con el orden en el que subieron. El colectivo sale desde el paradero, que es el punto A y deja a su primer pasajero en el punto B, que está a 6 kilómetros al este del paradero. Luego, regresa por la misma calle y deja al segundo pasajero en el punto C, que está a 3 kilómetros de B. Finalmente, deja al último pasajero al punto D, que está a 4 kilómetros del punto B, como muestra la ilustración.



- a. **Dibuja** la forma de la trayectoria que recorrió.
- b. **Calcula** la distancia total recorrida y el desplazamiento del taxi colectivo.
- c. ¿El chofer del colectivo podría haber llegado a los hogares de las personas, sin las coordenadas geográficas de la ilustración? **Explica** tu respuesta.

# ¿Por qué el movimiento es relativo?

### Necesitas saber...

Marco de referencia y posiciones en un sistema de coordenadas.

### Propósito de la lección

Cuando te subes a una micro y te mantienes de pie, percibes que estás quieto con respecto al suelo de la micro. Sin embargo, esta micro, contigo en su interior, se mueve. Este ejemplo representa que el movimiento depende del punto de vista que se considere. En esta lección aprenderás por qué el movimiento es relativo y qué lo caracteriza.

### Actividad exploratoria

Paulina y Manuel viajan en un bus desde Antofagasta hacia Iquique. Luego de cuatro horas de viaje, entablan la siguiente conversación:

**Manuel**

Estar tantas horas sin movernos es muy aburrido.

**Paulina**

¡Cómo! ¡Si llevamos recorridos más de 300 km desde que salimos de Antofagasta!

**Manuel**

¡Paulina! Lo que quise decir es que tú y yo no nos hemos movido de nuestros asientos en tres horas. ¿Entiendes a qué me refiero?

**Paulina**

No te pongas nervioso. Lo que sucede es que estás muy cansado. Te explicaré lo que ocurre.

**Manuel**

¡Por favor! Porque no te entiendo.

**Paulina**

Cuando se dice que una cosa se mueve o no se mueve, hace falta aclarar respecto a qué referencia tú, yo o cualquier cosa se está moviendo o no se está moviendo.

**Manuel**

Eso es un detalle sin importancia...

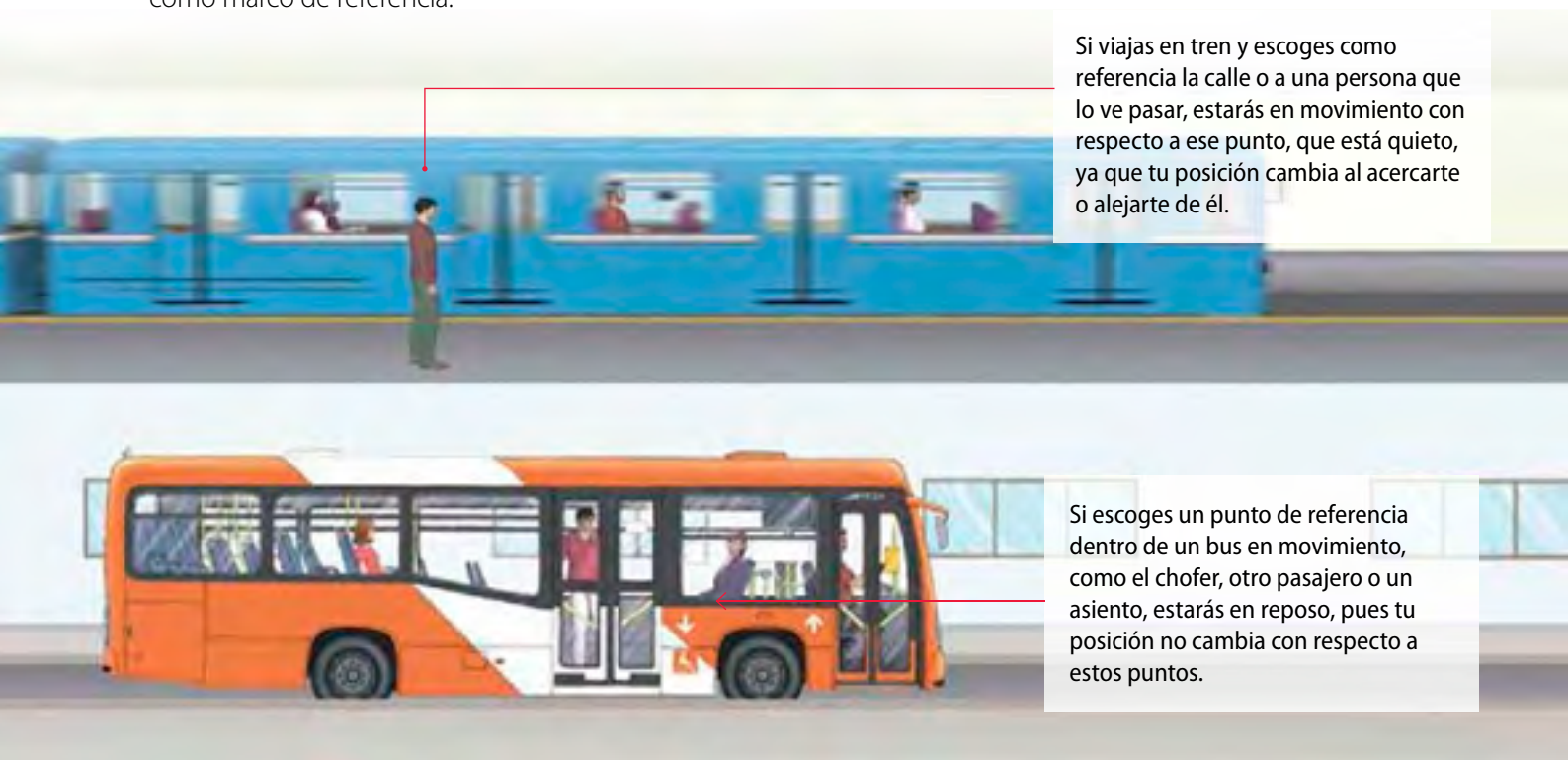
Con respecto al texto que leíste, responde estas preguntas:

- ¿Por qué crees que Manuel percibe que no se ha movido en horas?
- ¿Por qué Paulina cree que sí se han movido?
- ¿De qué crees que depende determinar si algo se mueve o no se mueve?
- ¿Qué crees que le diría a Manuel una persona que mira pasar el bus desde la calle? ¿Le diría que se está moviendo? Explica tu respuesta.

## Relatividad del movimiento y referencias

Como viste en la *Actividad exploratoria*, Manuel y Paulina tienen distintos puntos de vista para afirmar si están o no en movimiento. Esta diferencia se debe a que las personas creen que pueden manifestar con certeza si algo se mueve o no, es decir, piensan que el movimiento es absoluto.

Piensa en este momento, cuando lees esta página; seguramente estás sentado y dices que estás inmóvil. Pero si consideras que la Tierra está girando alrededor del Sol, puedes afirmar que en realidad todo lo que está en la Tierra se mueve. Se puede establecer, por lo tanto, que el **movimiento** es **relativo** y no absoluto y siempre se determina **con respecto a algo**, que en la lección anterior conociste como marco de referencia.



Si viajas en tren y escoges como referencia la calle o a una persona que lo ve pasar, estarás en movimiento con respecto a ese punto, que está quieto, ya que tu posición cambia al acercarte o alejarte de él.

Si escoges un punto de referencia dentro de un bus en movimiento, como el chofer, otro pasajero o un asiento, estarás en reposo, pues tu posición no cambia con respecto a estos puntos.

Estos ejemplos permiten comprender que efectivamente el movimiento es relativo, y depende del **marco de referencia** que se considere.

### Actividad 7



**Analiza** la siguiente situación: cuando vas de tu casa al colegio, generalmente llevas tu mochila colgada en tus hombros mientras caminas. Con respecto a esta situación, responde estas preguntas:

1. ¿Tu mochila está quieta? ¿Qué referencia se debe considerar para afirmar lo anterior?
2. ¿Con respecto a qué punto de referencia tu mochila se está moviendo?



## ¿Qué opinas?

¿Se puede afirmar que en la Tierra existen cuerpos en reposo? Explica.

¿Cómo crees que afectaron a las personas de su época los planteamientos de Galileo, si se pensaba que la Tierra no se movía?

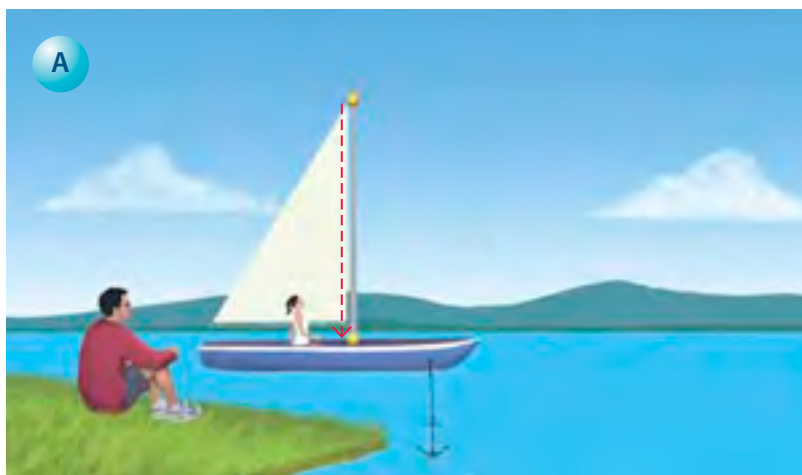
## La relatividad de Galileo

Como sabes, la Tierra se mueve alrededor del Sol. Este movimiento tiene una rapidez de 30 kilómetros por segundo. A su vez, el Sol se mueve a 30 000 kilómetros por segundo alrededor del centro de la Vía Láctea. ¿Estos movimientos son perceptibles? ¿Nos damos cuenta de que no estamos en reposo, sino que nos movemos junto con el planeta?

En la práctica, como no percibimos que la Tierra se mueve, es un buen punto de referencia para estudiar y describir el movimiento de lo que hay sobre ella (objetos, personas, etc.). Sin embargo, el planeta no es el único sistema de referencia que se puede considerar.

En el siglo XVII, Galileo Galilei enunció claramente que las leyes de la física son independientes de cualquier sistema de referencia, que en el caso del movimiento relativo se traduce en que, por ejemplo, la caída de un objeto siempre es igual bajo los parámetros físicos, sin embargo se observa diferente dependiendo del marco de referencia. Observa los siguientes ejemplos:

En la ilustración, la persona que está en la orilla ve que una pelota, que es lanzada desde el mástil de un bote en reposo, cae en línea recta, muy cerca del madero, al igual que la persona que se encuentra dentro del bote. Para ambos, el movimiento es absoluto, pues se encuentran en reposo.



Si el barco comienza a moverse, la persona que está en la orilla verá la pelota caer describiendo una trayectoria curva, mientras que la persona que se encuentra dentro del bote la verá caer en línea recta, pues no percibe que está en movimiento con respecto al bote.



En estos casos se explica que la caída de la pelota en ambas situaciones ocurre de la misma manera, sin embargo, cada observador lo interpreta de acuerdo con su propio punto de referencia.

De acuerdo con el principio de relatividad de Galileo, las leyes de la física son las mismas en cualquier sistema de referencia. De esta manera, todas ellas son válidas y solo es cuestión de conveniencia escoger la más apropiada para describir el movimiento.

### Minitaller científico 3

En grupos de tres integrantes, intentarán reproducir las observaciones de Galileo. Consigan una pelota pequeña y en el patio del colegio, realicen estos pasos:

1. Un compañero tomará la pelota y la lanzará hacia arriba en línea recta, de modo que pueda atraparla al caer. Repetirá este procedimiento varias veces mientras camina con velocidad constante.
2. Los demás integrantes del grupo observarán la trayectoria que sigue la pelota lanzamiento tras lanzamiento, a medida que su compañero avanza.
3. Cuando hayan terminado, pídasle al compañero que lanzó la pelota, que relate cómo era la trayectoria de esta durante los lanzamientos. Luego, el resto describirá cómo era la trayectoria de la pelota mientras su compañero la lanzaba y al mismo tiempo caminaba.

A continuación, respondan estas preguntas:

- a. Con respecto a la trayectoria de la pelota, ¿existen diferencias entre lo que observó el compañero que la lanzó y lo que observaron los demás integrantes del grupo? Expliquen.
- b. ¿Podrían afirmar que, según el observador que se considere, la trayectoria cambia?, ¿por qué?
- c. ¿Cómo podrían relacionar esta actividad con la relatividad del movimiento?

### Trabaja con TIC

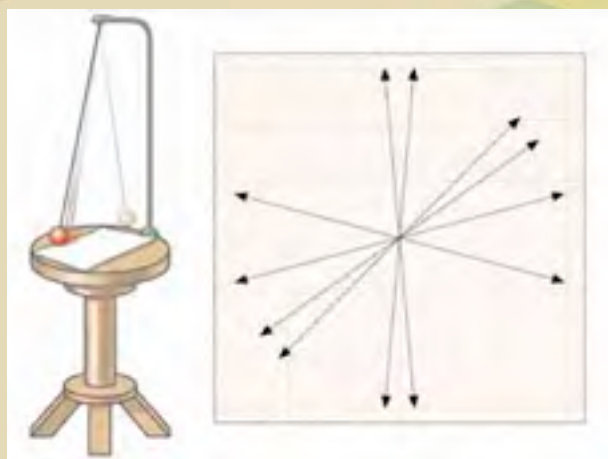
Busca en la Web videos que muestren ejemplos de movimiento relativo. Luego, dibuja en tu cuaderno la trayectoria del movimiento que observas.



### El desafío de

## Jean Foucault

El francés Jean Bernard Foucault (1819-1868) descubrió, por equivocación, que la oscilación de un péndulo es independiente del movimiento de la plataforma que lo sujeta. Si observas el vaivén de un péndulo, luego de varias oscilaciones, verás un pequeño desplazamiento del punto donde el péndulo alcanza su máxima apertura. Esto significó que, por primera vez en la historia, Foucault demostró experimentalmente que el movimiento del plano de oscilación de un péndulo representaba la rotación de la Tierra. Reflexiona, junto con un compañero, cómo se relaciona este descubrimiento con las ideas de Galileo y la relatividad del movimiento.





## Velocidad relativa

Hasta ahora sabes que el movimiento depende del sistema de referencia que se tome en cuenta, es decir, algo puede estar moviéndose o puede estar quieto; basta con usar referencias distintas. Sin embargo, hay un hecho que es fundamental: las **velocidades también son relativas** y dependen del punto de referencia que se considere.

A continuación podrás analizar algunos casos:

Oeste ←

Cuando viajas en auto por la carretera, tu velocidad es igual a la velocidad del vehículo, por lo que el valor de esta es cero respecto del interior del auto. Sin embargo, esta cambia respecto de algún observador en la carretera.

10 km/h →

Un tren avanza con una cierta velocidad hacia el este, respecto del suelo. En su interior, una persona camina en el mismo sentido del avance del tren. Si estuvieras en una estación y ves pasar el tren ¿cuál sería la velocidad de la persona que viaja en el tren? Al observar esta situación, percibirías de forma intuitiva que la persona se mueve con mayor velocidad que el tren. De acuerdo con esto, la velocidad de la persona es la suma de su propia velocidad más la velocidad del tren respecto de la tierra.



Por otro lado, si ves venir un auto en sentido contrario a tu movimiento, verías que este se acerca a mayor velocidad que la que podría observar una persona parada al borde de la carretera. Si este vehículo viaja con velocidad constante, ¿por qué dos observadores perciben velocidades distintas? Dependiendo de la situación de movimiento del observador, este determinará velocidades distintas.

Este →



100 km/h →

← 10 km/h



Si otra persona se moviera en sentido opuesto al avance del tren, verías que la persona se mueve con menor velocidad que el tren, es decir, mientras el tren avanza un trecho, la persona retrocede otro. Esto significa que la velocidad de la persona sobre el tren se obtiene restando la velocidad del tren respecto de la tierra con la velocidad de la persona respecto del tren.



## Lección 4

### Para saber

Piensa en un auto viajando a 100 km/h y que choca contra una pared. En términos de la relatividad del movimiento este hecho es equivalente a decir que la pared te impactara a 100 km/h. Analiza esta situación y reflexiona en lo peligroso que es lanzar piedras a los autos desde las pasarelas peatonales.

Analicemos otros ejemplos. Dos vehículos viajan paralelos y en línea recta. Uno de ellos viaja con velocidad  $V_A$  y el otro con velocidad  $V_B$  y ambas velocidades son medidas con respecto a un observador fijo en la tierra. ¿Cómo podemos saber la velocidad que percibe el observador B del móvil A, y viceversa?

La velocidad de A, respecto del observador B se expresa  $V_{AB}$  y se calcula con la expresión:

$$v_{AB} = v_A - v_B$$

La velocidad de B, respecto de A se expresa  $V_{BA}$  y se calcula con la expresión:

$$v_{BA} = v_B - v_A$$

Hasta el momento has analizado situaciones de velocidad relativa, desde el punto de vista de un observador que se encuentra en reposo. Sin embargo, ¿qué ocurre cuando el punto de referencia se encuentra en movimiento?

Vuelve a la situación de las personas que se mueven dentro del tren, en sentido opuesto. Desde el punto de vista de cualquiera de las personas, ambos se están moviendo con respecto al otro. Consideremos otros valores para sus velocidades. Así, si una de las personas (A) se mueve hacia el este con velocidad 2 m/s y la otra (B) con velocidad 3 m/s hacia el oeste, podrías calcular la velocidad de A respecto de B, es decir, la velocidad que observa B de A:

$$v_{AB} = v_A - v_B = 2 \text{ m/s} - (-3 \text{ m/s}) = 5 \text{ m/s}$$

Observa que la velocidad de la persona B es negativa. Esto quiere decir que la persona se mueve en sentido contrario al definido como positivo en nuestro sistema de referencia. En este caso, la velocidad es positiva si la persona se mueve hacia el este y es negativa, si lo hace hacia el oeste.

Si ahora calculas la velocidad de B respecto de A, es decir, la velocidad que observa A de B:

$$v_{BA} = v_B - v_A = -3 \text{ m/s} - 2 \text{ m/s} = -5 \text{ m/s}$$

### Actividad 8



1. Dos motociclistas viajan en sentidos opuestos por una carretera en la dirección oeste-este con respecto al marco de referencia fijo en tierra. El motociclista A viaja hacia el este a 70 km/h y el motociclista B a 90 km/h hacia el oeste.

- ¿Cuál es la velocidad relativa  $v_{AB}$  de la motocicleta A, respecto del conductor de la moto B?
- ¿Cuál es la velocidad relativa  $v_{BA}$  de la motocicleta B, respecto del conductor de la moto A?

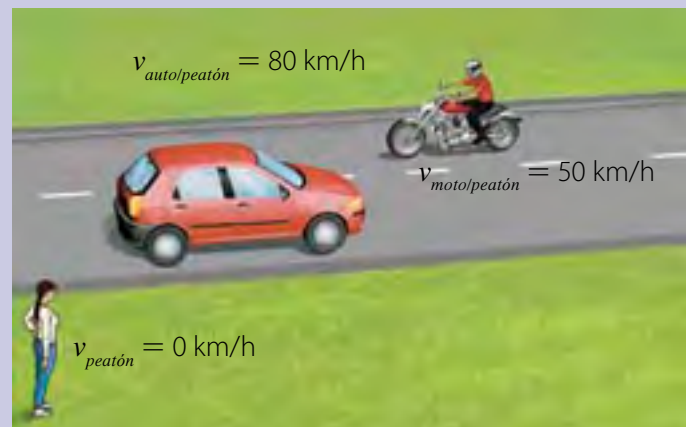


## Calcular velocidad relativa

### Situación problema

Un automovilista viaja en línea recta por una carretera a 80 km/h. En sentido opuesto, y por la misma carretera, viaja un motociclista con una velocidad de -50 km/h. En el borde de la carretera se encuentra un peatón observando el movimiento del automóvil y de la motocicleta tal como muestra la imagen.

¿Cuál es la velocidad de la motocicleta y del peatón, respecto del chofer del automóvil?



### Entender el problema e identificar las variables

En este caso, se busca encontrar la velocidad relativa de la motocicleta respecto del automóvil, y con qué velocidad ve alejarse el chofer del auto al peatón. Consideremos que el marco de referencia se encuentra al interior del automóvil, es decir, el conductor observa el movimiento relativo del peatón y de la moto desde su marco de referencia móvil. En este caso, el observador se considera fijo, pues está inmóvil con respecto al suelo del automóvil.

### Registrar los datos

$$v_{auto} = 80 \text{ km/h}$$

$$v_{moto} = -50 \text{ km/h}$$

$$v_{peatón} = 0 \text{ km/h}$$

### Aplicar el modelo matemático

La velocidad con la que observa el automovilista alejarse al peatón es:

$$v_{peatón/autó} = v_{peatón} - v_{auto}$$

$$0 \text{ km/h} - 80 \text{ km/h} = -80 \text{ km/h}$$

La velocidad de la moto respecto del automóvil

$v_{moto/autó}$  es:

$$v_{moto/autó} = v_{moto} - v_{auto}$$

$$-50 \text{ km/h} - 80 \text{ km/h} = -130 \text{ km/h}$$

### Redactar una respuesta

En el primer caso, el conductor del automóvil observa alejarse al peatón con una velocidad de 80 km/h

En el segundo caso, el conductor del automóvil percibe que la moto se acerca desde el este con una velocidad de -130 km/h

## Ahora Tú

Resuelve este mismo problema tomando en cuenta que el observador es el motociclista, el cual ve el movimiento relativo del auto y del peatón.

## Lección 4

Para resumir lo que hemos visto hasta este momento sobre velocidad relativa, se establece que cuando dos móviles se encuentran en movimiento, uno respecto del otro, vistos por un observador que se encuentra quieto, se puede obtener la velocidad relativa de A con respecto a B calculando la diferencia entre  $V_A$  y  $V_B$ .

De acuerdo con lo anterior, ya sabes que:

Velocidad relativa de A respecto de B

$$v_{AB} = v_A - v_B$$

Esta fórmula representa la velocidad con la que el móvil B ve moverse al móvil A.

Velocidad relativa de B respecto de A

$$v_{BA} = v_B - v_A$$

Esta fórmula representa la velocidad con la que el móvil A ve moverse al móvil B.



### Conexión con... Historia



Un caso curioso se publicó en la prensa durante la Primera Guerra Mundial. Un aviador francés relató a los periodistas cómo, mientras volaba a varios kilómetros de altura, percibió la presencia de un pequeño objeto que se movía junto a él. Pensó que se trataba de una mosca y lo atrapó rápidamente con la mano. Pero, al abrir el puño, descubrió que acababa de atrapar una bala de fusil. Más allá de lo real de esta noticia, el hecho podría ser posible, desde el punto de vista de la física, si es que la bala se moviera a la misma velocidad que el avión, por lo que respecto del piloto, esta pareciera flotar casi inmóvil a su lado.

**Fuente:** [http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1146/html/23\\_velocidad\\_relativa.html](http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/1000/1146/html/23_velocidad_relativa.html)

## ACTIVIDADES DE cierre

De acuerdo con lo que aprendiste en esta lección, realiza las siguientes actividades:

1. **Imagina** que vas sentado en un bus. **Explica** en tu cuaderno qué referencias debes considerar para afirmar que no te estás moviendo.
2. Un tren viaja hacia el este con una rapidez de 20 m/s respecto de una vía férrea recta y horizontal. Un pasajero camina por el pasillo del vagón en sentido opuesto, con una rapidez de 1 m/s relativa al tren.
  - a. **Calcula** con qué rapidez relativa a la vía férrea se mueve el pasajero.
  - b. Si el pasajero hubiese caminado hacia el este, ¿cuál habría sido su rapidez relativa a la vía férrea?
  - c. ¿Qué referencia se considera en este caso? ¿En qué te basaste para elaborar tu respuesta?

## ¿Cómo formular explicaciones científicas?

El conocimiento de sentido común es aquel que se construye a partir de experiencias personales o comunitarias respecto de ciertos fenómenos, es intuitivo y generalmente carece de teorías explicativas. Por ejemplo, si una persona que ha sufrido fracturas siente una molestia en el sitio de su antigua lesión y los asocia a que va a llover, tal vez su predicción sea acertada o no, pero es probable que su explicación no tenga bases científicas.

Entre las diferentes actividades de los científicos se destaca la aplicación de modelos científicos vigentes para explicar ciertos fenómenos. Así obtienen argumentos teóricos acerca de ellos y justifican su ocurrencia sobre la base de conocimientos que se manejan. El carácter explicativo es una de las bases del conocimiento científico.

La explicación de un fenómeno va siempre asociada a su comprensión: cuando se comprende algo, se puede explicar, elaborar una hipótesis acerca de su ocurrencia y utilizar las leyes y teorías conocidas para construir esas hipótesis.

¿Qué tipo de información aporta una explicación?

- Permite argumentar acerca del fenómeno ocurrido.
- Posibilita determinar las causas de lo ocurrido.



## Ahora tú

Lee la siguiente situación y luego responde las preguntas:

Si intentas deformar distintos materiales, como un elástico o greda, te darías cuenta de que se comportan de distinta forma. Si estiras demasiado el elástico puede llegar a cortarse y al modelar greda, cambia de forma, pero no vuelve a su estado original.

1. ¿Qué sucede con el elástico cuando dejas de estirarlo?
2. ¿Qué sucede con la greda si dejas de moldearla?
3. Explica de forma científica lo que sucede en cada caso.
4. ¿Qué principio físico te permite explicar el comportamiento de estos materiales, al aplicarles una fuerza?



# Taller científico

## Habilidades científicas

En esta sección pondrás a prueba la habilidad que conociste anteriormente: **formular explicaciones científicas**. Recuerda que una experiencia personal o el conocimiento que adquieres producto de tus experiencias no corresponden a explicaciones científicas.

### Materiales

- Un pliego de cartulina de color claro
- Un auto de juguete pequeño
- Hilo o lana
- Una huincha plástica para medir
- Cinta adhesiva



## Velocidad relativa

### Antecedentes

Como viste en la lección 4, cuando dos observadores con diferentes marcos de referencia estudian el movimiento de un mismo cuerpo, sus medidas de velocidad pueden ser distintas, es decir, existe una velocidad relativa que depende del observador. Por ejemplo, cuando subes a una micro y te sientas, una persona que está en tierra observa que te mueves con la misma velocidad que la micro, mientras que tú no percibes el movimiento, respecto del suelo del bus.

### Problema de investigación

Piensa en el siguiente ejemplo: junto con tus compañeros colocan un auto de juguete sobre una superficie deslizable. Si tiran del auto y de la superficie al mismo tiempo, con velocidad constante, y el observador es un integrante del grupo que se encuentra en reposo ¿a qué velocidad vería que se mueve el auto?, ¿Su velocidad será mayor, menor o igual que la velocidad de la superficie deslizable?

### Planteamiento de hipótesis

Junto con tus compañeros, planteen una hipótesis que responda las preguntas anteriores. Para poner a prueba su hipótesis, realicen la siguiente actividad.

### Procedimiento

En grupos de tres integrantes, reúnan todos los materiales y sigan estas instrucciones:

1. Corten un trozo de cartulina de 20 cm de ancho y del largo del pliego.
2. Coloquen la cartulina sobre una superficie.
3. Fijen la huincha de medir sobre la mesa con cinta adhesiva, de modo que quede paralela a la cartulina. Así, cuando muevan la cartulina, la huincha no se desprenderá.
4. Hagan una marca en 0 cm y otra en 40 cm, de modo que quede delimitado el camino que recorrerá el auto de juguete.
5. Amarren la parte delantera del auto con un trozo de hilo o lana suficientemente largo para tirarlo.
6. Una vez listo el montaje, tendrán que observar la velocidad relativa del auto en distintas condiciones. Para obtener resultados confiables, tengan en cuenta dos aspectos:
  - Cuando tiren el auto del hilo, procuren hacerlo con velocidad constante, es decir, intentando que no frene ni que acelere.
  - Lo mismo deben hacer con la cartulina; si la mueven, deben hacerlo con velocidad constante.

**Situación 1**

Pongan el auto sobre la cartulina y detrás del cero que marca la huincha de medir. A continuación tírenlo manteniendo velocidad constante. Observen lo que ocurre cuando recorre el espacio delimitado por las marcas.

**Situación 2**

Repitan el paso anterior, pero ahora tiren de la cartulina en sentido contrario al movimiento del auto. Nuevamente observen lo que ocurre, respecto de la velocidad, al recorrer el espacio delimitado.

**Situación 3**

Finalmente, tiren el auto junto con la cartulina, en el mismo sentido. Para esto, deberán mantener una velocidad constante entre la cartulina y el auto. Analicen lo que ocurre cuando recorre el espacio delimitado.

**Análisis**

Luego de la actividad, respondan estas preguntas:

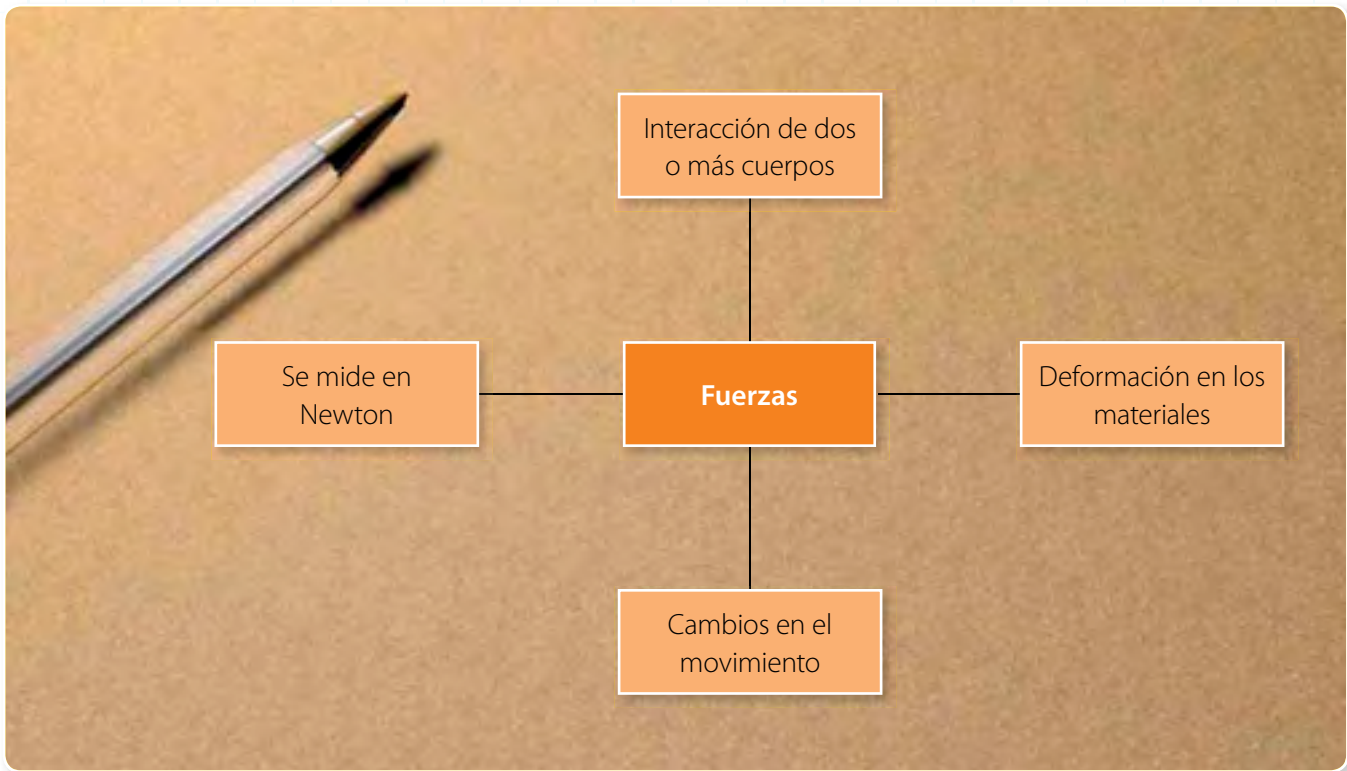
- ¿En qué situación el auto demoró más tiempo en recorrer el espacio marcado en la huincha de medir?
- ¿Cómo fue la velocidad relativa del auto, respecto de la cartulina, en los tres casos? Apliquen lo que sabes de velocidad relativa para explicar científicamente estos casos.
- Con respecto a los conceptos de velocidad relativa y suma de velocidades, expliquen científicamente lo sucedido en la situación 2 y 3. Recuerden que deben fundamentar con bases teóricas.
- Planteen posibles predicciones para explicar lo que hubiese ocurrido si en la situación 3 hubiesen movido la cartulina a una velocidad mayor y menor que la del auto.

**Conclusiones y comunicación de resultados**

Comparen sus resultados y respuestas con sus hipótesis iniciales. De esta manera, las explicaciones científicas a las que llegaron podrán confirmarlas o rechazarlas. A continuación, elaboren conclusiones de la actividad.

## Organizando lo aprendido

1. Lee y analiza la rueda de atributos propuesta.



2. Luego, elabora una en tu cuaderno con el concepto movimiento relativo.

## Actividades

1. Miguel vive en la esquina de las calles Ciprés y Roble. Todos los días sale de su casa y sube dos cuadras por la calle Ciprés hasta la calle Peumo y gira y camina hasta el cruce con la calle Alerce, donde se reúne con su prima Irene para ir al colegio. Hoy Miguel fue solo al colegio, de modo que se fue por la calle Ciprés hasta calle Araucaria y allí avanzó tres cuadras.

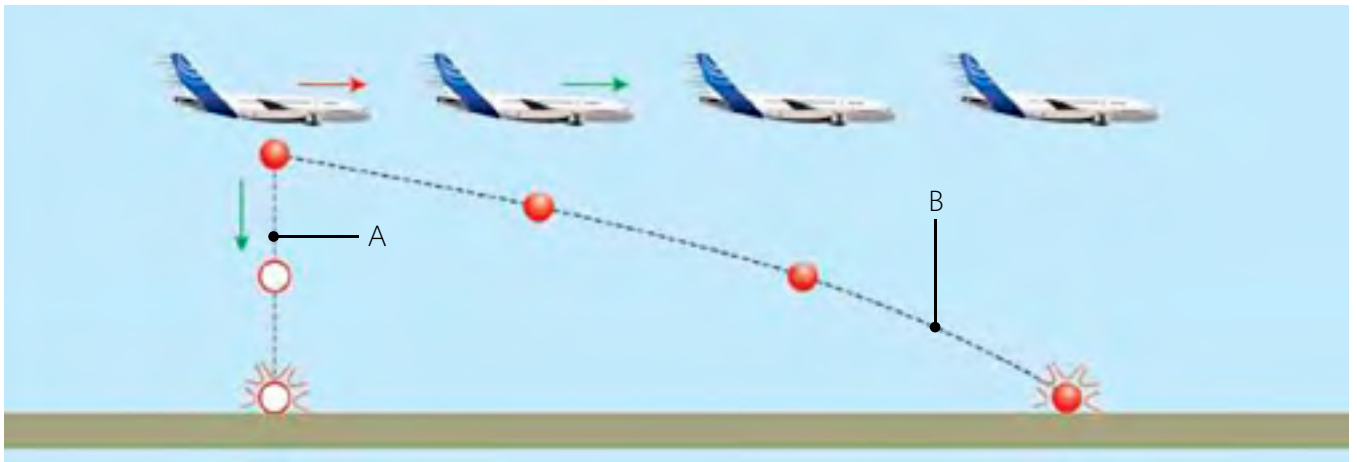
- Dibuja la trayectoria que siguió Miguel para ir al colegio.
- Si cada cuadra tiene 200 m de lado, ¿cuál es la distancia total recorrida?
- ¿Coincide con la distancia que recorre los días que, después de recoger a su prima, se encamina hacia el colegio?, ¿por qué?



2. Observa la imagen y luego responde las preguntas.



- ¿Qué sistema de coordenadas se ha establecido?
  - ¿Cuál es la posición de cada una de las personas? Indícalas referenciando magnitud y sentido.
- Mientras lees esta pregunta ¿te estás moviendo con respecto a tu silla? ¿Y con respecto al Sol? Fundamenta tus respuestas en relación con el movimiento relativo.
  - Imagina que desde un avión cae un bulto que describe una cierta trayectoria. Identifica cuál de las trayectorias destacadas en la imagen corresponde a la persona que observa la caída del bulto desde la tierra y cuál lo observa desde el avión. Explica tus respuestas.



- ¿Cuál de las siguientes situaciones podría ser más peligrosa: un choque frontal entre dos vehículos a 50 km/h o un choque a 80 km/h contra otro vehículo en reposo? ¿Qué conocimientos necesitas usar para resolver este problema?
- Un tren de alta velocidad viaja a 300 km/h respecto del suelo. El inspector se dirige en línea recta hacia la cola del tren a -6 km/h respecto del tren. Para un observador en tierra:
  - ¿En qué dirección ve moverse al inspector?
  - ¿Cuál es la velocidad del inspector respecto del suelo?



Lección 1

## ¿Qué son las fuerzas?

Una **fuerza** es el resultado de la **interacción** entre dos cuerpos

Uno de los efectos más cotidianos de las fuerzas son los **cambios en el movimiento** y las **deformaciones** en los cuerpos.

Dependiendo del comportamiento que experimente un material al aplicarle una fuerza, este se deformará momentáneamente o de manera permanente.

La unidad de medida de la fuerza es el **newton (N)**. Una fuerza de 1 newton equivale aproximadamente a la que se ejerce al sostener un teléfono celular básico, que posee una masa cercana a 100 gramos.

Lección 2

## ¿Cómo se miden las fuerzas?

Cuando a un material elástico se le aplica una fuerza externa, este genera una fuerza de igual magnitud, pero en sentido contrario a la deformación, llamada **fuerza de restitución elástica**.

Como la fuerza de restitución elástica es de la misma magnitud que la fuerza aplicada, es esta la propiedad que normalmente se considera para medir una fuerza.

La **ley de Hooke** indica que la fuerza de restitución elástica de un material es directamente proporcional a la fuerza que se le aplica, y va en sentido contrario. Esta se expresa como:

$$F = -k \cdot x$$

Para medir fuerzas se usa un instrumento llamado **dinamómetro**. Los dinamómetros basan su funcionamiento en la ley de Hooke. Se utilizan para pesar objetos. En su interior poseen un resorte y una escala graduada en Newton (N). Al ejercer una fuerza o colgar un objeto en estos instrumentos, un indicador marca el valor de la fuerza.



### Lección 3

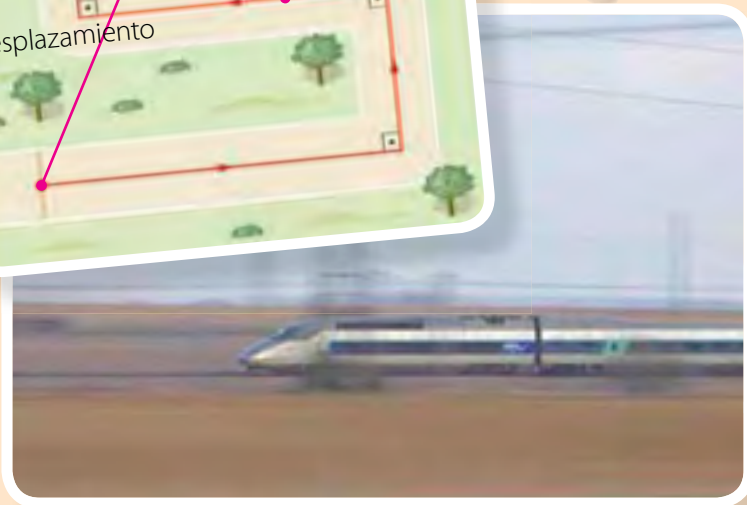
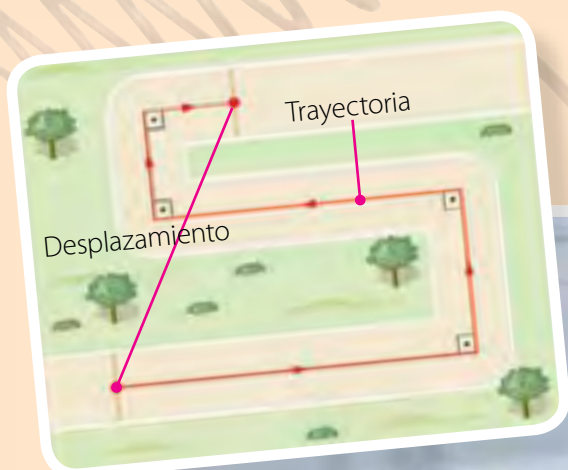
## ¿Cómo sé si algo se mueve?

Un **sistema de referencia** es un punto o un conjunto de puntos que utilizamos para determinar si un cuerpo se mueve.

Un cuerpo está en movimiento si cambia de posición con respecto al sistema de referencia a medida que pasa el tiempo, y está en reposo si su posición no cambia.

La **trayectoria** es el camino que describe un móvil en su recorrido. El conjunto de puntos por los que pasa en su movimiento.

Se llama **desplazamiento** a un vector que tiene su origen en el punto inicial del movimiento y su extremo en el punto final del movimiento.



### Lección 4

## ¿Por qué el movimiento es relativo?

El **movimiento** es **relativo** y se determina con respecto a un marco de referencia y a un sistema de coordenadas.

Galileo Galilei afirma que las leyes de la física son independientes de cualquier sistema de referencia, es decir, el movimiento posee siempre los mismos parámetros físicos, sin embargo se observa diferente según el marco de referencia.

Para el caso del movimiento unidimensional, la velocidad presenta dirección y sentido. Esto significa que, además de tener un valor numérico, posee signo.

La **velocidad**, al igual que el movimiento, también es **relativa**. La velocidad que percibe un observador B respecto de otro llamado A, se determina por:

$$V_{AB} = V_A - V_B$$



### Bibliografía y links sugeridos

- Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. México: Pearson educación.
- Serway, R., Vuille, C. y Faughn, J. (2009). *Fundamentos de Física Vol I*. México: Cengage Learning.
- <http://constructor.educarex.es/odes/secundaria/fyq/Muelles/index.html>

Utiliza lo que aprendiste en esta unidad para desarrollar las siguientes actividades. Si no estás seguro de cómo hacerlo, puedes volver a revisar tu libro.

## Recordar-comprender

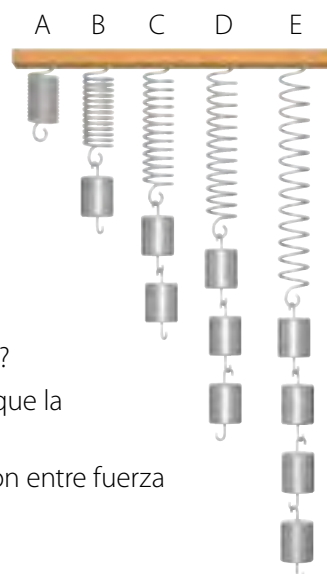
- Describe los efectos que produce la fuerza que se ejerce sobre materiales elásticos e inelásticos. (4 puntos)
- Escribe al menos dos ejemplos de materiales que se deforman momentáneamente y dos que lo hagan de forma permanente. (4 puntos)
- Explica la siguiente frase (2 puntos):  
*Entre dos posiciones se da un solo desplazamiento, sin embargo, pueden existir múltiples trayectorias.*
- En tu cuaderno, dibuja un plano del camino que recorres desde que sales de tu casa hasta llegar a tu escuela. Dibuja con lápiz azul la trayectoria y con rojo el desplazamiento. Luego, determina una o dos trayectorias diferentes que podrías recorrer para llegar al colegio. (4 puntos)

- Lee las siguientes situaciones y escoge aquellas que representen movimiento relativo. Luego, justifica tu elección. (4 puntos)

- Una persona sentada en las graderías de un estadio ve pasar autos de carrera por la pista.
- El tripulante de un barco camina sobre la embarcación en movimiento.
- El chofer de un bus interurbano ve acercarse a una motocicleta en sentido contrario.
- Un grupo de jóvenes, recostados en el pasto de una plaza, ven pasar un avión.

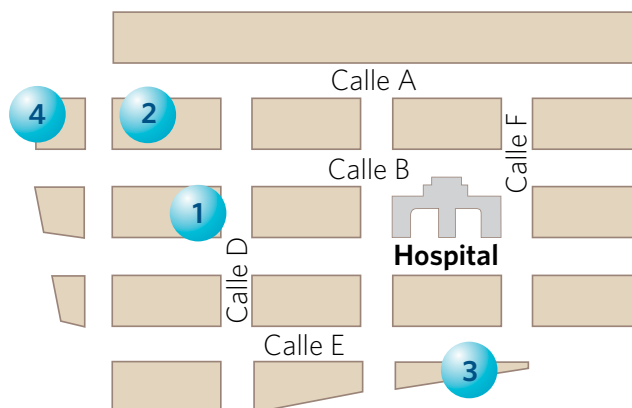
- Responde estas preguntas teniendo en cuenta la ley de Hooke: (6 puntos)

- ¿Cómo podrías interpretar lo que ocurre con los resortes en cada uno de los casos?
- ¿Cómo debe ser el estiramiento del resorte y la fuerza que aplican las pesas, para que la ilustración represente la ley de Hooke?
- Rotula la ilustración con los datos necesarios para que esta represente la proporción entre fuerza aplicada a un resorte y su estiramiento.



## Analizar

- Una persona te pregunta cómo llegar al hospital, desde la intersección de las calles D y E. (6 puntos)
  - Identifica y marca al menos cuatro trayectorias para llegar al destino.
  - Explica el camino que tendría que recorrer esta misma persona hasta el hospital, si se encontrara en el punto 1, 2, 3 y 4.
  - Si esta persona se ubica en el punto 3 y va de ida y vuelta al hospital por la calle F, ¿cómo es el desplazamiento y la trayectoria? Explica.



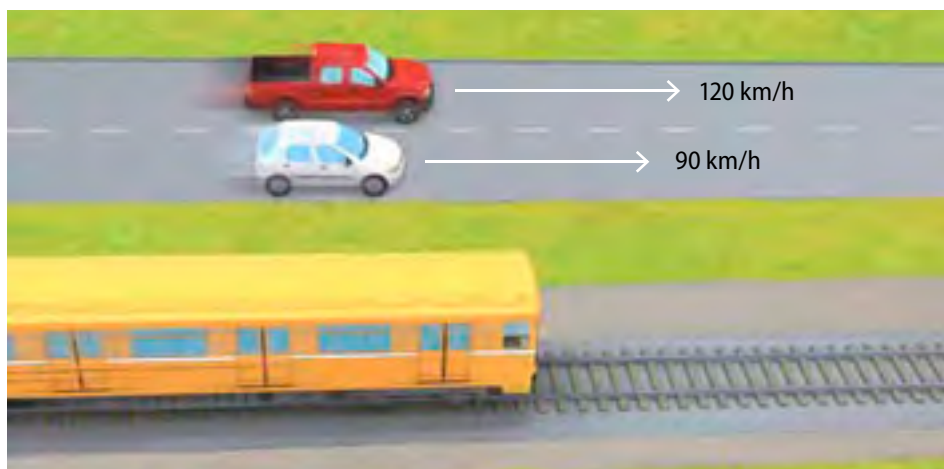
8. En las siguientes tablas, se muestran los valores de elongación de dos resortes distintos para diferentes valores de fuerza aplicada. (4 puntos)

Resorte 1	
Fuerza (N)	Elongación (cm)
0	0
10	1
20	2
30	3

Resorte 2	
Fuerza (N)	Elongación (cm)
0	0
10	2
20	4
30	6

A continuación, responde:

- ¿Qué fuerza debes ejercer sobre el resorte 2 para producir un alargamiento de 1 cm?
  - Si te propones alargar los dos resortes la misma distancia, ¿cuál te parece más difícil de estirar?
9. Cuando estás quieto respecto de tu colegio, seguramente opinas que el colegio se encuentra en reposo. ¿Qué sistema de referencia te permitiría opinar que el colegio se encuentra en movimiento? Explica tu respuesta. (3 puntos)
10. En una carretera que avanza paralela a una vía de tren, un auto adelanta a 120 km/h a otro que circula a 90 km/h. En el momento del adelantamiento, un tren se desplaza por la vía en el mismo sentido que los autos. Al respecto, responde (6 puntos):
- ¿Qué condiciones deben darse para que un pasajero, que viaja al interior de los vagones, observe que, mientras un auto avanza, el otro retrocede?
  - Si después de un tiempo el pasajero observa que el auto que adelantó pareciera no moverse, ¿podría determinar cuál es la velocidad del tren, si conoce la velocidad de los vehículos?

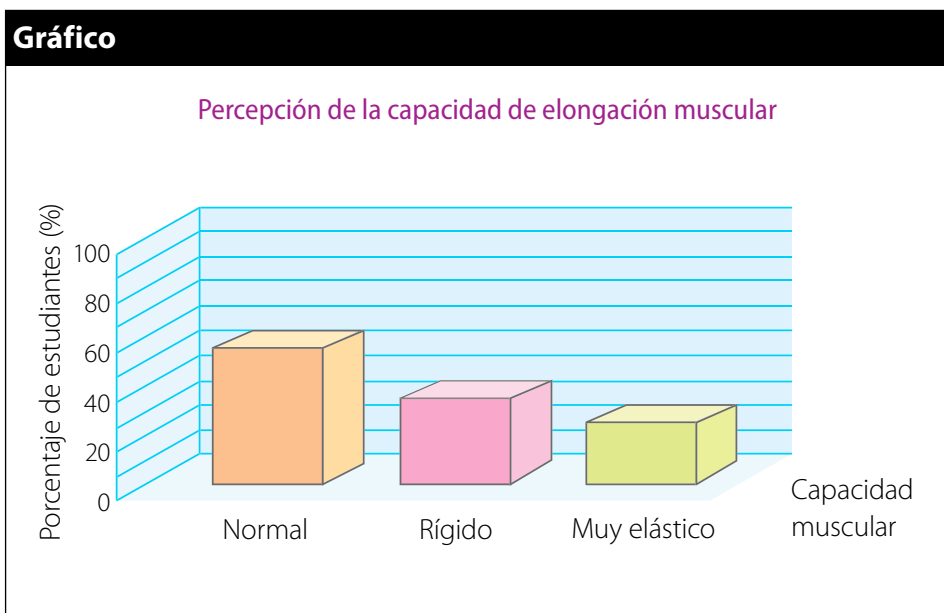


11. Un compañero de curso no logra comprender totalmente que el movimiento se puede describir dependiendo de la referencia que se considere, pues piensa que cuando él está de pie, detenido, y observa algo que se mueve, ese movimiento es absoluto. (4 puntos)
- ¿Crees que tu compañero tiene razón? Fundamenta tu respuesta.
  - ¿Cuál es el factor que no visualiza tu compañero cuando afirma que el movimiento es absoluto?



## Aplicar

12. Unos médicos españoles hicieron un estudio en un grupo de 83 alumnos de educación básica y media, para conocer el grado de percepción que mostraban respecto de su capacidad de elongación muscular en las extremidades inferiores. Se establecieron tres categorías en relación con la distancia entre la punta de los dedos de sus manos y la planta de sus pies: normal, rígido y muy elástico. Se les consultó a los estudiantes cómo se percibían respecto de su elasticidad muscular y se obtuvo el siguiente gráfico: (6 puntos)



- ¿En qué rango se ubica la mayoría de los estudiantes encuestados?
  - Imagina que los estudiantes que tienden a presentar poca elasticidad muscular levantarán pesas con las extremidades inferiores, ¿qué riesgos corren los músculos de sus piernas?
  - ¿Cómo se relaciona esta información con el estiramiento de algunos materiales?
13. Dos amigos quisieron comprobar la relatividad del movimiento observando la trayectoria que describe una moneda cuando se lanza hacia arriba. Buscando información, encontraron la imagen de la derecha. Al respecto, responde: (6 puntos)
- Explica en qué situación se encontraba el observador y quién lanzó la moneda para que esta haya descrito la trayectoria que muestra la imagen.
  - Dibuja la trayectoria de la moneda si la persona que la lanza se mueve con velocidad constante.
  - ¿En qué posición deberías estar para que observaras que la moneda no se mueve?
14. Dos motociclistas se mueven en dirección oeste-este por vías paralelas. Uno de ellos (A) viaja a 60 km/h y el otro (B) a -100 km/h, respecto de un observador en reposo. (6 puntos)
- Calcula la velocidad relativa de B, respecto del observador A.
  - Si ambos móviles viajaran hacia el este conservando sus velocidades, ¿cuál será la velocidad relativa de B, respecto del observador A?



## Me evalúo

Con la ayuda de tu profesor, completa la siguiente tabla:

Objetivo de aprendizaje	Pregunta	Puntaje	Te proponemos que...
Identificar el concepto de fuerza y conocer los efectos de la aplicación de fuerzas sobre los objetos.	1, 2 y 12	____/14	Si obtuviste entre 0 y 8 puntos, realiza la actividad 1. Si tu rango está entre 9 y 12 puntos realiza la actividad 2. Si obtuviste más de 12 puntos realiza la Actividad 9 de la página 226.
Relacionar la aplicación de fuerzas con la deformación de materiales elásticos y medir una fuerza a partir de dicha propiedad.	5, 6 y 8	____/14	Si obtuviste entre 0 y 8 puntos, realiza la actividad 3. Si tu rango está entre 9 y 12 puntos realiza la actividad 4. Si obtuviste más de 12 puntos realiza la Actividad 10 de la página 226.
Identificar un marco de referencia y un sistema de coordenadas para describir el movimiento.	3, 4, 7 y 9	____/15	Si obtuviste entre 0 y 8 puntos, realiza la actividad 5. Si tu rango está entre 9 y 12 puntos realiza la actividad 6. Si obtuviste más de 12 puntos realiza la Actividad 11 de la página 227.
Identificar la relatividad del movimiento, relacionada con la velocidad y la adición de velocidades.	10, 11, 13 y 14	____/22	Si obtuviste entre 0 y 12 puntos, realiza la actividad 7. Si tu rango está entre 13 y 18 puntos realiza la actividad 8. Si obtuviste más de 18 puntos realiza la Actividad 12 de la página 227.

## Actividades complementarias

**Actividad 1:** Observa nuevamente las imágenes de la página 187 e identifica cómo operan las fuerzas en cada caso.

**Actividad 2:** Junto con un compañero, busquen materiales en el colegio que les permitan comprobar los efectos de las fuerzas, vistos en la *lección 1*.

**Actividad 3:** Relaciona el funcionamiento de los objetos de las páginas 190 y 191 con la ley de Hooke.

**Actividad 4:** Resuelve el siguiente ejercicio: un resorte se estira 3,0 cm al suspender en uno de sus extremos un cuerpo de masa 0,5 kg. ¿Cuál es el valor de la constante elástica del resorte? Luego, haz un dibujo que explique tu resultado.

**Actividad 5:** Explica brevemente qué aspectos debes considerar a la hora de orientar a alguien para que llegue a su destino y no se pierda. Para esto debes utilizar el término referencia.

**Actividad 6:** Establece las diferencias que existen entre los conceptos movimiento y posición. Luego, toma el ejemplo de la *Actividad 4* y explícaselo a otro compañero.

**Actividad 7:** Desde el punto de vista de la relatividad del movimiento, describe por qué, para decir que algo o alguien se mueve, tienes que usar la frase “respecto de”.

**Actividad 8:** Vuelve a observar la imagen de la página 210 y 211. Luego, explica el movimiento de las personas del tren, respecto de los jóvenes que están en la orilla de la carretera.

### Actividad 9

El salto con garrocha es una prueba de atletismo en la cual se debe superar una barrera flexible, ubicada a gran altura. Para alcanzarla y pasar la vara transversal, se usa una pértiga o garrocha que impulsa al deportista y lo eleva.

Explica si la pértiga se puede considerar o no un material elástico. Fundamenta tu respuesta utilizando más información relacionada con esta prueba.



### Actividad 10

Para calibrar un dinamómetro se han colgado pesos conocidos en él. En la tabla se muestra el registro de la elongación que adquiere el resorte de este instrumento, medida desde su posición de equilibrio ( $X = 0$ ).

x (cm)	1	2	3	4	5
F (N)	20	40	60	80	100

De acuerdo con esta información, responde estas preguntas:

- Elabora el gráfico correspondiente al calibrado del dinamómetro.
- Calcula la constante de elasticidad del resorte que es parte del instrumento.
- Si se cuelga un cuerpo de 20 kg en el dinamómetro, ¿cuál sería el valor de la fuerza ejercida sobre el resorte?  
Recuerda que  $g = 10 \text{ m/s}^2$

**Actividad 11****Lee la siguiente situación:**

Una persona camina por el pasillo de un vagón de tren que está ingresando en la estación, de modo que un letrero que se encuentra en la estación queda siempre en la misma posición con respecto a la persona.

- a. Describe el movimiento de la persona, del tren y del letrero considerando, al menos, dos referencias.
- b. Dibuja la situación, de modo que el esquema coincida con tu respuesta anterior.

**Actividad 12**

Graba un video que represente las siguientes situaciones relacionadas con la velocidad relativa:

- a. Un observador quieto, con respecto al suelo, observa pasar un auto delante de él.
- b. Un observador que viaja dentro de un auto o un bus ve que se acerca otro auto en sentido contrario a su movimiento.
- c. El mismo observador anterior ve que se acerca un móvil en el mismo sentido de su movimiento y lo adelanta.

Luego, usa tus videos para explicarle a un compañero si las velocidades en cada uno de los casos se suman, se restan o se mantienen.





# ¿Un péndulo de *Foucault* en Chile?

Una esfera de 115 kilogramos, que oscila cada 8,7 segundos colgada de un soporte a casi 20 metros del suelo son algunas de las características del primer péndulo de Foucault construido totalmente en Chile, específicamente en Puerto Montt, que se convierte en uno de los pocos existentes en Sudamérica.

El encargado de este proyecto fue el ingeniero civil en electrónica Gonzalo Arroyo, de la Universidad Técnica Federico Santa María, quien se encargó de fabricar un sistema de propulsión que mantuviera al péndulo oscilando constantemente.

El péndulo, que hoy se encuentra en el Colegio San Francisco Javier, de Puerto Montt, no funcionó perfectamente en un principio, debido a que el sistema de propulsión modificaba la dirección de la oscilación. A raíz de esto fue necesario reconstruir parte del mecanismo para evitar la influencia de la rotación terrestre.

El ingeniero afirma que el péndulo "es un excelente recurso para comprender que la Tierra es un elemento que se mueve en el Universo, lo que para nuestros sentidos es imperceptible, y nos parece que se encuentra quieta".



<http://revista.sansanos.cl/2012/05/sansano-construye-el-primer-pendolo-de-foucault-completamente-chileno/>

# La fotografía y el **movimiento relativo**

¿Has visto que algunas fotografías se ven como si los objetos se movieran a gran velocidad? Esto ocurre por un efecto denominado *motion blur* o desenfoque del movimiento, que corresponde a la borrosidad que se genera en las imágenes cuando los objetos que están siendo fotografiados se mueven o cuando la cámara se mueve.

Imagina que quieres fotografiar un objeto que se mueve. Cuando la cámara captura la imagen, en realidad se capturan e integran todos los cambios de posición del objeto. Esto puede originar la borrosidad de la imagen cuando la cámara se mueve respecto del objeto o viceversa. Esto significa que el efecto motion blur es un ejemplo de movimiento relativo, el que se puede evitar siguiendo el movimiento del objeto con la cámara.

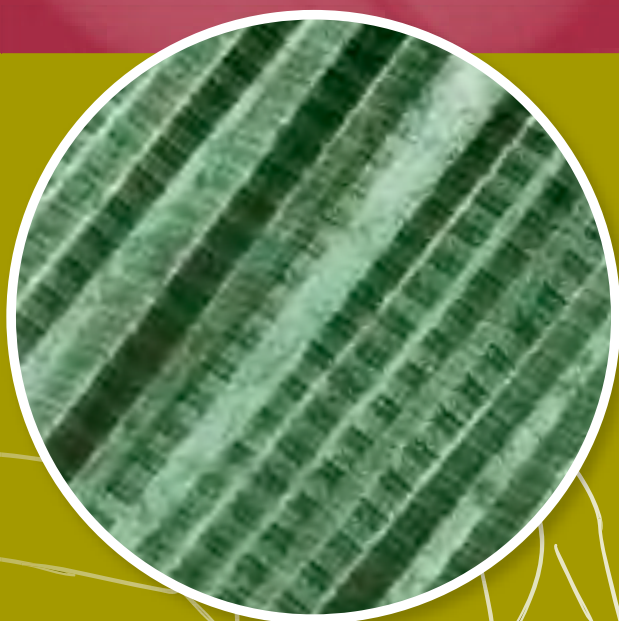


¿El tejido humano responde a

## la ley de Hooke?

El tejido conectivo presente en algunos animales, incluyendo el ser humano, contiene dos tipos de proteínas: elastina y colágeno. Las fibras de elastina, abundantes en los vasos sanguíneos humanos, se estiran con facilidad, y requieren poco esfuerzo para producir una deformación importante. Estas fibras están reforzadas por otras, que son las de colágeno, cuyo comportamiento casi responde a la ley de Hooke, como es el caso de las arterias del ser humano.

Hecht, E. (1998). *Física I Álgebra y Trigonometría*. México: Thompson Editores.



## Comunicación de resultados científicos

En ciencias, existen varias formas de comunicar resultados. Las principales son: informe científico, resumen o abstract y panel o póster científico. A continuación, se entrega una descripción general de cada uno de ellos.

1. **Informe científico.** Tiene como propósito comunicar el método, los resultados obtenidos y la discusión que se derivan de una investigación. En un informe científico se pueden reconocer las siguientes partes o secciones:

- a. **Título del informe.** Presenta la temática central de investigación.
- b. **Nombre del autor o autores.** Da a conocer la identidad de quienes desarrollaron la investigación.
- c. **Resumen del trabajo o *abstract*.** Expone la idea general del trabajo en unas 100 - 150 palabras. Se refiere a la introducción, método, resultados y conclusiones.
- d. **Introducción.** Presenta los antecedentes teóricos de la investigación (marco teórico), detalla las variables de estudio y plantea la hipótesis o las predicciones sobre los resultados esperados.
- e. **Sección de materiales e instrumentos.** Describe los materiales utilizados en el desarrollo del experimento y los instrumentos, con sus unidades de medida y margen de error asociado a ellos.
- f. **Procedimiento.** Describe la secuencia de los pasos desarrollados en el experimento.
- g. **Sección de resultados.** Comunica en forma clara y concisa los resultados obtenidos. Este apartado solo expone los resultados y no su interpretación.
- h. **Sección de discusión.** Interpreta los resultados obtenidos en el estudio. Cumple con verificar la relación entre los resultados y la o las hipótesis planteadas en el inicio, y revisar si se han cumplido las predicciones señaladas.
- i. **Referencias bibliográficas.** Ordena alfabéticamente las fuentes utilizadas en la investigación.

**2. Resumen científico.** Es una síntesis de la investigación. Presenta las ideas más relevantes de cada una de las etapas del trabajo realizado en una reseña que incluye los siguientes componentes:

- Objetivo de la investigación.
- Diseño o diseños experimentales.
- Resultados obtenidos.
- Interpretación de los resultados.

Al desarrollar la interpretación de los resultados, el resumen debe contener información sobre los antecedentes de la investigación, el método utilizado, los resultados obtenidos, su respectivo análisis y las conclusiones que se desprenden de la interpretación de los resultados.

El siguiente cuadro muestra un ejemplo de construcción de un resumen científico.

**Título principal**  
(14 de Times New Roman o Arial-negrita)

*Nombre(s) Autor(es) en cursiva*

Institución a la que pertenecen. Dirección

E-mail

Año de realización

Debe explicar el problema de investigación, materiales y métodos, resultados, discusión y conclusiones, en 200 a 250 palabras como máximo en tipo de letra Arial o Times New Roman tamaño 12. Mantener espaciado sencillo y texto justificado.

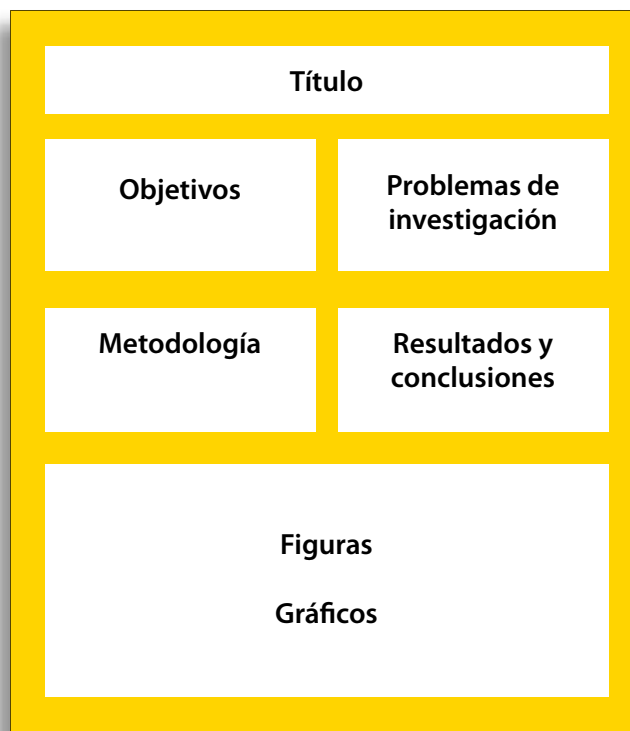
**Palabras clave:** se buscan palabras relacionadas con el tema de la investigación que puedan servir para una posible búsqueda o clasificación.



**3. Panel o póster científico.** Es una forma práctica y eficiente de comunicar resultados, pues entrega informaciones y datos en pocos minutos y es de fácil lectura. Tiene un formato de afiche, lo que hace de esta modalidad gráfica un excelente medio visual para captar la atención de los lectores. Para construir un póster científico hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Debe imponerse visualmente para lograr la atención de sus potenciales lectores.
  - Su diseño debe privilegiar las imágenes por sobre el texto (ilustraciones, gráficos, figuras, entre otros). Además, es necesario cuidar los espacios en blanco para evitar el “peso” visual, es decir, que se vea recargado.
  - Sus textos, a pesar de ser escuetos y precisos, no deben omitir información.
  - Debe seguir una secuencia que facilite su lectura, es decir, presentar un orden lógico al indicar los pasos seguidos en la investigación.
  - Debe combinar los atributos de las exhibiciones y de la presentación oral. Existen diferentes opciones para elaborar un póster científico. Sin embargo, hay ciertas secciones que siempre deben estar presentes:
1. El título de la investigación, el nombre de los autores y el nombre de la institución.
  2. Una introducción, los objetivos de la investigación y la hipótesis que se somete a prueba.
  3. La metodología, es decir, un resumen de los pasos de la etapa experimental.
  4. Los resultados obtenidos y su análisis.
  5. Las conclusiones.

A continuación se muestran algunos ejemplos para organizar la información en un póster científico.

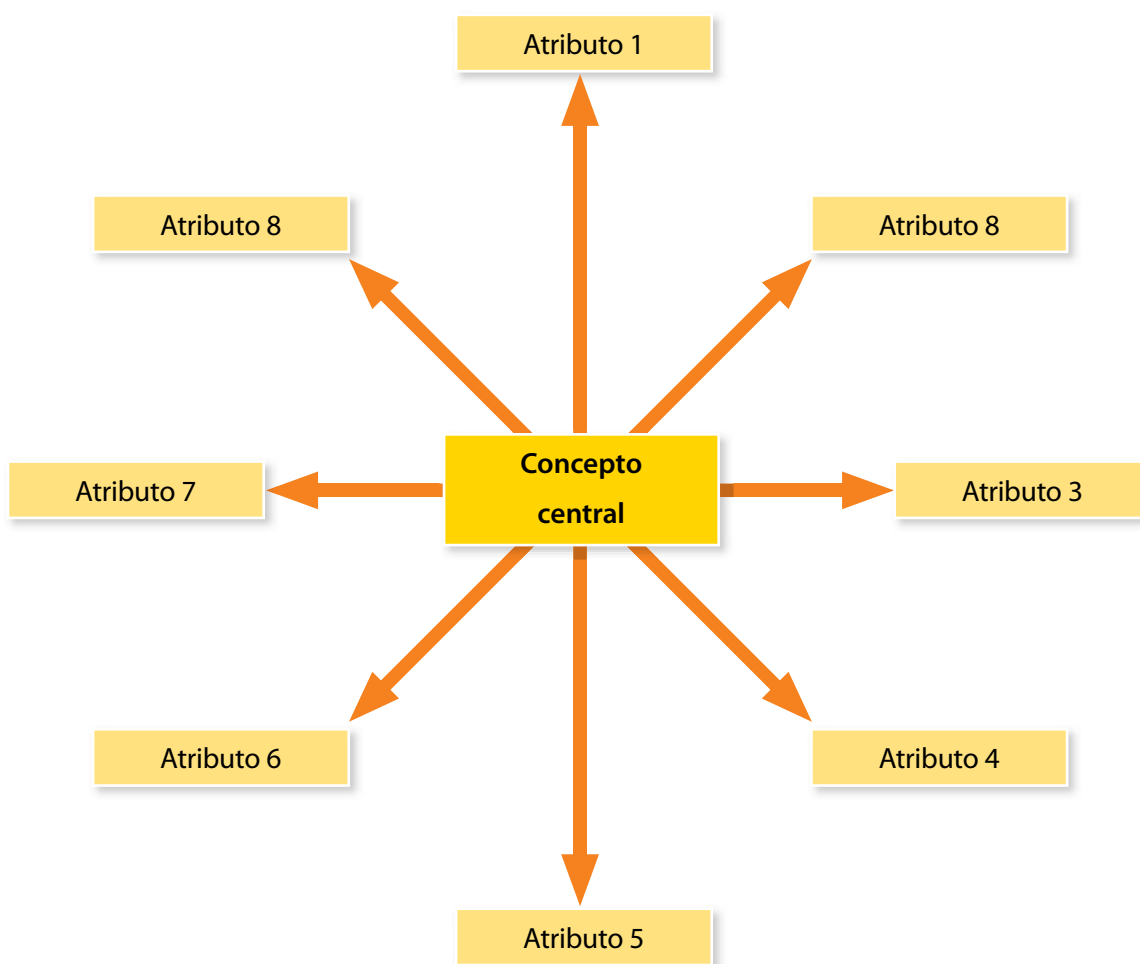


## Organizadores gráficos

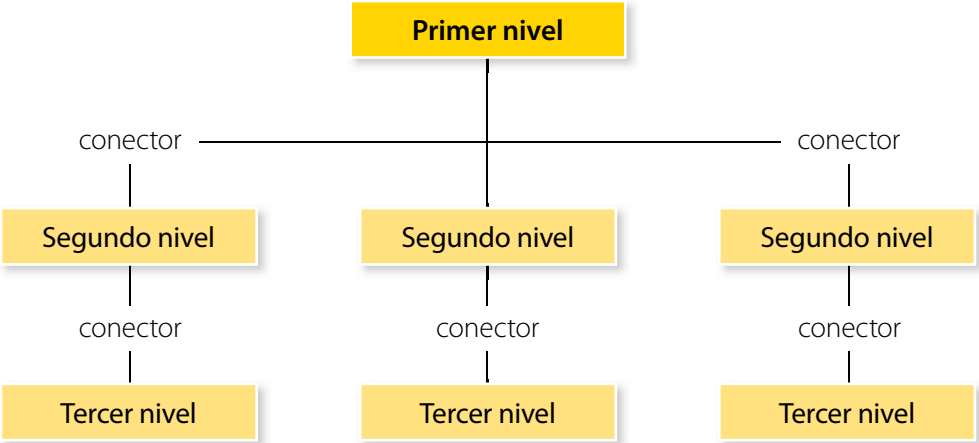
Los organizadores gráficos son técnicas que ayudan a comprender un texto. Establecen relaciones visuales entre los conceptos clave de dicho texto y, por ello, permiten entender de manera más eficiente un contenido. Hay muchísimos tipos de organizadores gráficos y tú puedes crear muchos más. En este anexo conocerás los que usaste en las unidades de tu texto.

La **rueda de atributos** es un esquema en el que se coloca el objeto analizado en el centro o eje de la rueda, y luego se dibujan rayos según el número de atributos que se definan. Luego, se anotan las características o atributos principales en los rayos de la rueda sin orden de jerarquía, de forma que puedan ser leídos en cualquier dirección.

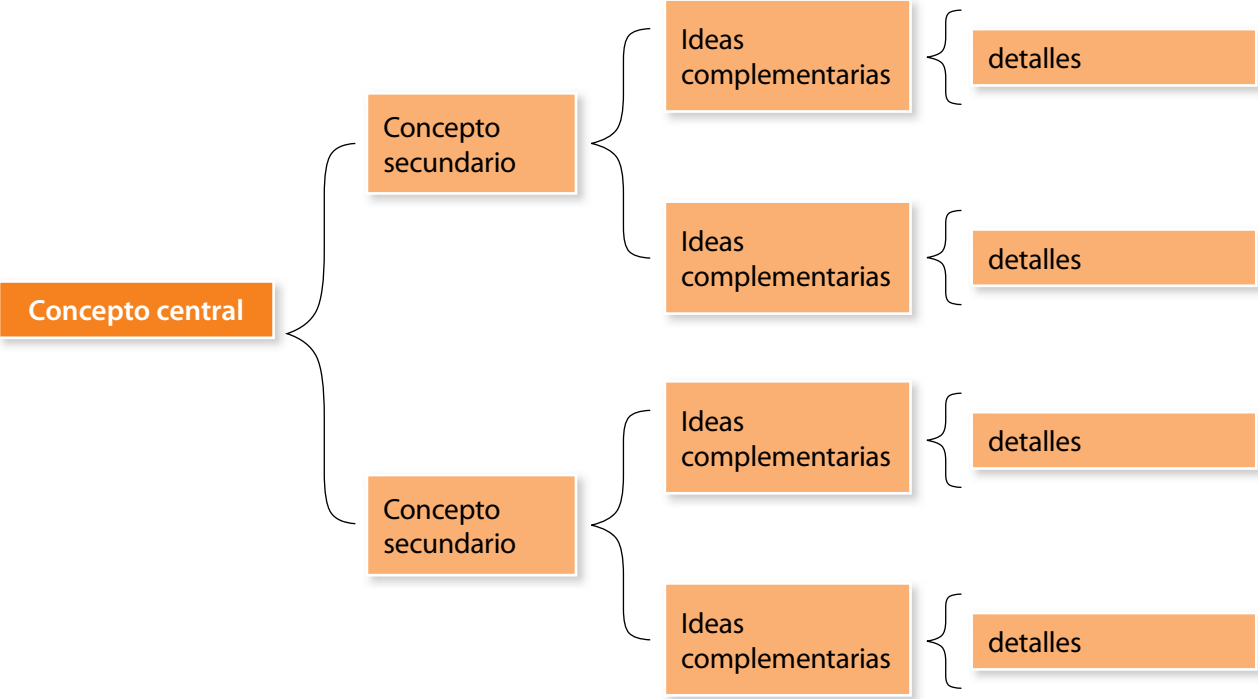
Recuerda que el número de rayos puede variar, dependiendo de las características que sean propias del objeto o concepto central.



El **mapa conceptual** es un esquema en el que se organizan los conceptos más importantes de un tema. Estos se disponen desde el más general hasta el más específico y se conectan entre sí mediante palabras de enlace para formar oraciones lógicas.

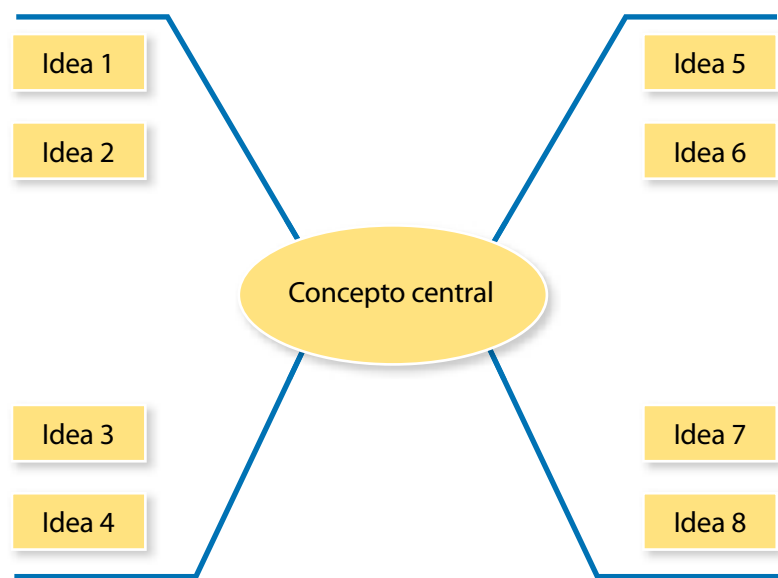


En el **cuadro sinóptico**, los conceptos se presentan ordenados de forma horizontal, adoptando una estructura lógica y fácil de visualizar. Para organizar los conceptos, se escribe en el extremo izquierdo el concepto más general o importante. Luego se anotan, de arriba abajo, y separados del principal, los conceptos que siguen en importancia o secundarios, si es el caso, los ejemplos. Para finalizar, se dibujan símbolos de llaves ({} para unir los conceptos del mismo nivel.

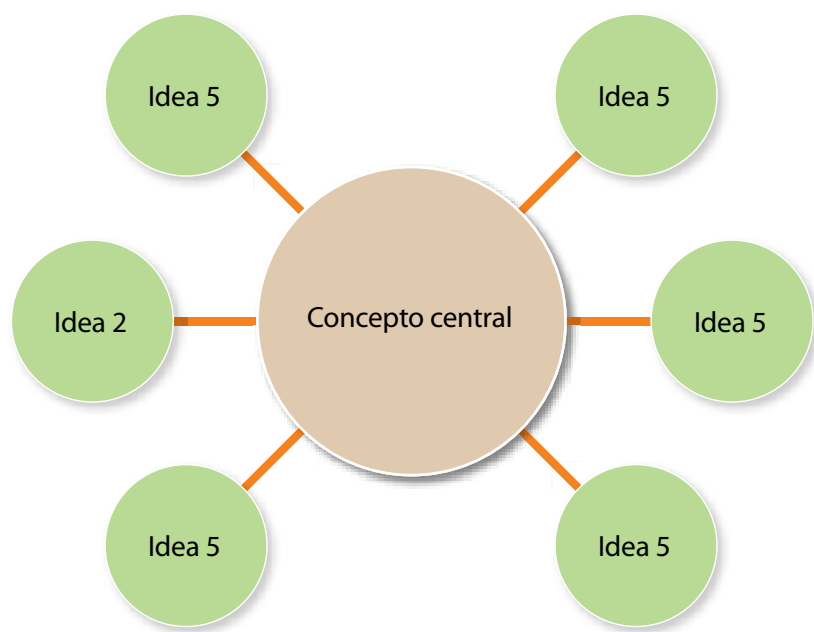


El **mapa de ideas** permite establecer relaciones no jerárquicas entre un concepto central y las ideas que se relacionan con él. Se diferencian de los mapas conceptuales porque no incluyen conectores entre conceptos que permitan armar oraciones. También se caracterizan porque forman redes no lineales de ideas. Se pueden encontrar varias formas de este tipo de organizador, como los que se muestran a continuación:

**Mapa de telaraña**



**Mapa circular**





## Medidas de seguridad

En un laboratorio se manipulan sustancias químicas, materiales de vidrio, instrumentos de medición y, frecuentemente, se trabaja con fuego, lo que aumenta el riesgo de tener accidentes. Por esta razón debes trabajar muy concentrado, en forma cuidadosa y con conocimiento del material que estás manipulando. Conozcamos algunas normas elementales para evitar accidentes.

El laboratorio debe contar con un botiquín que contenga todos los elementos básicos, como vendas, cinta adhesiva, apósitos, desinfectantes y algodón.

El laboratorio debe tener señales de escape y extintor.

Siempre debes seguir las instrucciones de tu profesor(a).

Se debe usar delantal en todo momento.

Si tienes pelo largo debes llevarlo recogido.

Debes revisar que todo el material se encuentre en buen estado.

Prohibido comer, beber y/o fumar dentro del laboratorio.

Cierra todas las llaves de agua y gas al finalizar una actividad.

## ¿Qué hacer en caso de accidentes?

En caso de cualquier accidente, lo primero que debes hacer es avisarle a tu profesora o profesor, y nunca actuar por iniciativa propia para controlar la situación, ya que esta podría empeorar. No obstante, es importante que conozcas algunas medidas que se deben seguir, en diferentes situaciones, como las descritas a continuación.

### En caso de una herida cortante

- Lavar la herida con abundante agua, por unos 10 minutos.
- Si la herida es pequeña y deja de sangrar, después de lavarla hay que desinfectarla. Para ello es aconsejable usar un algodón impregnado con agua oxigenada al 3%, y luego cubrirla con una venda o un apósito, sin presionar demasiado la herida. Si la herida es grande y no deja de sangrar, se necesita asistencia médica urgente.

### Si ocurre una quemadura con sustancias calientes

- Poner la zona afectada bajo el chorro de agua fría, durante 5 a 10 minutos, aproximadamente.
- Si la zona afectada es muy grande o tiene mal aspecto, requiere atención médica inmediata.

### En caso de quemadura con ácidos

- Lavar la zona afectada con abundante agua. Posteriormente, aplicar una disolución de bicarbonato de sodio al 5%, durante 10 a 15 minutos. Otra opción es lavar la zona afectada con una solución diluida de una base débil, como amoníaco al 5%.

### Si alguna sustancia química salpica o entra en contacto con los ojos

- Lavar con abundante agua, durante 10 a 15 minutos.

### Frente al incendio de ropa

- Cubrir a la persona con una manta, o hacerla rodar por el piso.
- Es importante no correr, para evitar la expansión del fuego.

**A**

**Absorción del sonido:** cuando las ondas sonoras rebotan sobre una superficie, esta puede absorber parte de la energía de las ondas incidentes.

**Aguas termales:** aguas que por efecto de la actividad volcánica emergen hacia la superficie con altas temperaturas.

**Aislante acústico:** material poroso, con múltiples cavidades de aire en su interior, capaz de disipar parte de la energía del sonido en forma de calor.

**Altura o tono:** característica del sonido que tiene relación con su frecuencia. Permite diferenciar los sonidos en graves y agudos.

**Amplitud:** máxima deformación de un medio material perturbado, medido desde la posición de equilibrio.

**Armónicos:** ondas cuya frecuencia es un múltiplo de una frecuencia fundamental.

**C**

**Cinturón de fuego:** nombre utilizado para indicar las zonas de subducción existentes en todo el borde del océano Pacífico.

**Contaminación acústica:** ruido sostenido en un lugar, provocado por las actividades humanas. Puede afectar la salud de las personas, tanto en el ámbito físico como psicológico.

**Corrientes de convección:** transferencia de calor en un fluido. El fluido caliente sube y el frío baja hasta que se calienta, siendo desplazado nuevamente por una masa fría.

**Cristalino:** lente flexible que se encuentra en el ojo humano. Es capaz de cambiar su distancia focal para enfocar imágenes lejanas y cercanas.

**D**

**Deformación:** cambio en las longitudes de un cuerpo, respecto de sus longitudes iniciales.

**Deriva continental:** hipótesis planteada por Alfred Wegener, que describe el movimiento de los continentes en la superficie de la Tierra.

**Desplazamiento:** vector que indica el cambio en la posición de un cuerpo.

**Difracción del sonido:** cambio de dirección que sufre el sonido al interactuar con un obstáculo o abertura.

**Dinamómetro:** instrumento que se utiliza para medir fuerzas. Su funcionamiento se basa en la elongación de un resorte que se comporta de acuerdo con la ley de Hooke.



**Dorsales oceánicas:** elevaciones de la corteza submarina. Se forman por la acumulación de material en los límites divergentes.

**E**

**Eco:** fenómeno acústico que se produce cuando un sonido se refleja en una superficie y vuelve hacia el emisor.

**Ecolocalización:** proceso que semeja el funcionamiento de un sonar activo. El animal emite un sonido que rebota al encontrar un obstáculo y analiza el eco recibido. Logra, así, saber la distancia hasta el objeto (u objetos), midiendo el tiempo de retardo entre la señal que ha emitido y la que ha recibido.

**Efecto Doppler:** variación de la frecuencia del sonido por efecto del movimiento de la fuente sonora respecto del observador o viceversa.

**Epicentro:** punto en la superficie de la Tierra, perpendicular al lugar donde se desencadena un sismo.

**Escala Mercalli:** escala de medición sísmica que gradúa los sismos a partir del nivel de intensidad y los daños ocasionados.

**Escala Richter:** escala de medición sísmica que clasifica los sismos de acuerdo con la cantidad de energía liberada o magnitud del movimiento.

**Espectro auditivo:** rango de frecuencias que son sensibles al oído humano. Este varía entre los 20 y los 20 000 hertz.

**Espectro electromagnético:** rango completo de frecuencias de radiación electromagnética. De menor a mayor frecuencia se reconocen ondas de radio, microondas, infrarrojos, luz visible, ultravioleta, rayos x y rayos gamma.

**Espectro visible:** rango de frecuencias de radiación electromagnética para las cuales es sensible el ojo humano.

**Espejo curvo:** superficie curva muy pulida, recubierta con un material reflectante. Estos espejos se clasifican en cóncavos, cuando su superficie reflectante está dentro del casquete esférico, y convexos, cuando su superficie reflectante se encuentra en la parte externa del casquete.

**Espejo plano:** superficie plana muy pulida que permite reflejar los rayos de luz en forma paralela.



## F

**Fosas oceánicas:** zonas donde chocan dos placas litosféricas, produciéndose la destrucción de una de ellas, que se sumerge en el manto.

**Frecuencia:** número de oscilaciones completas o ciclos que se producen por unidad de tiempo.

**Fuente sonora:** se refiere a cualquier cuerpo capaz de emitir un sonido.

**Fuerza:** magnitud física que refleja la interacción entre los cuerpos. Se identifica por los efectos que produce (cambios de velocidad, forma del objeto, etc.). Su unidad de medida en el sistema internacional es el newton (N).

**Fuerza de restitución elástica:** fuerza que permite que un cuerpo vuelva a su posición de equilibrio en torno a una oscilación.

## G

**Geíser:** fuente termal natural que expulsa periódicamente chorros de agua caliente y emanaciones de vapor.

**Globo ocular u ojo:** órgano de la visión. Algunas de las estructuras que lo forman son el iris, el cristalino, la pupila y la córnea.

## H

**Hipermetrópia:** defecto de refracción en el que la imagen de los objetos se forma detrás de la retina. Se corrige con lentes convergentes.

**Hipocentro:** punto interno de la Tierra, donde se origina un sismo.

**Hotspots:** puntos en la corteza terrestre donde existe una alta actividad volcánica, en comparación con sus alrededores.

## I

**Imagen real:** imagen formada por rayos convergentes, que se puede proyectar en una pantalla.

**Imagen virtual:** imagen formada por rayos divergentes. Se puede observar cuando se proyectan los rayos detrás del objeto o de una superficie.

**Índice de refracción:** cociente entre la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en un medio material. Este índice señala cuántas veces es más rápida la luz en el vacío que en el medio con el que se compara.



**Infrasonido:** ondas sonoras con una frecuencia menor a los 20 Hz (límite inferior audible).

**Intensidad del sonido:** cantidad de energía que transporta una onda sonora. Se relaciona con su amplitud.

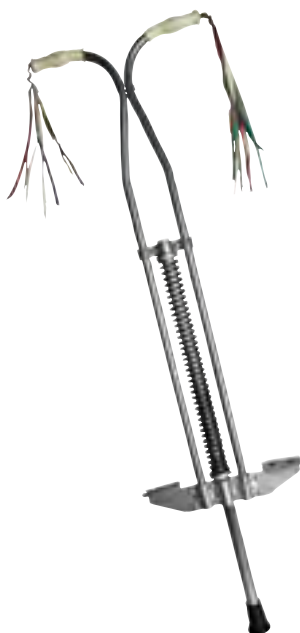
**Interferencia:** fenómeno que ocurre cuando dos o más ondas de la misma naturaleza se encuentran. La suma de estas ondas da origen a una onda compuesta.

## L

**Lava:** roca fundida que emerge hacia la superficie en forma líquida, capaz de escurrir cubriendo grandes distancias.

**Lente:** cuerpo transparente, limitado por una o dos superficies curvas. La lente convergente es capaz de reunir los rayos de luz en un punto, a diferencia de la lente divergente, que los separa.

**Ley de Hooke:** afirma que la longitud de un material elástico varía proporcionalmente a la fuerza que se le aplica.



**Límites convergentes:** son los límites donde dos placas chocan, dando origen a zonas de subducción y cinturones orogénicos.

**Límites divergentes:** lugares donde dos placas se separan y emerge material desde el interior de la Tierra, el cual forma nueva placa litosférica.

**Límites transformantes:** sectores donde las placas interactúan deslizándose entre sí. Esto produce alta sismicidad.

**Longitud de onda:** distancia entre dos puntos idénticos consecutivos de una onda; por ejemplo, entre dos crestas o entre dos valles.

**Lupa:** instrumento óptico formado por una lente convergente que permite amplificar la imagen de un objeto.

## M

**Magma:** rocas y otros minerales fundidos por las elevadas temperaturas del interior de la Tierra.

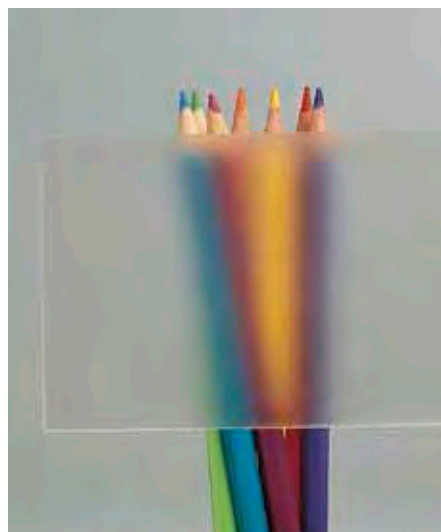
**Marco de referencia:** punto físico de observación desde el cual se puede describir la posición y el movimiento de un cuerpo.

**Material elástico:** cuerpos sólidos que recobran casi completamente su extensión y forma, tan pronto como cesa la acción de la fuerza que los deforma.

**Material inelástico:** cuerpos que luego de ser deformados por la aplicación de una fuerza, no recuperan sus dimensiones iniciales.

**Materiales opacos:** cuerpos que no permiten el ingreso de luz a través de ellos. La mayor parte de los rayos son reflejados y absorbidos por su superficie.

**Materiales translúcidos:** objetos que permiten el ingreso de solo una parte de la luz. Al observar a través de ellos, la imagen se ve borrosa.



**Materiales transparentes:** elementos que permiten el ingreso de la mayor parte de los rayos de luz. Por esto, al observar a través de ellos, la imagen se ve nítida.

**Microscopio:** instrumento óptico que permite ampliar la imagen de un objeto o cuerpo. Utilizan dos lentes convergentes que combinados permite obtener diferentes aumentos.

**Miopía:** anomalía de la visión en que la imagen de los objetos se forma antes de la retina. Se utilizan lentes divergentes para corregir este defecto.

**Modelo dinámico:** describe la estructura interna de la Tierra de acuerdo con las características mecánicas de sus capas. Se identifican la litósfera, la astenósfera, la mesósfera y la endósfera. También se reconoce núcleo externo y núcleo interno.

**Modelo estático:** diferencia las capas internas de la Tierra según su composición química. Se reconocen la corteza, el manto y el núcleo.



**Movimiento oscilatorio:** ocurre cuando un cuerpo ocupa sucesivamente posiciones simétricas con respecto a una posición de equilibrio.

**Movimiento relativo:** se describe de varias formas, dependiendo del sistema de referencia que utilice el observador.

## N

**Normal:** línea recta imaginaria. Es perpendicular al punto de incidencia de un rayo en una superficie.

## O

**Oceanografía:** ciencia derivada de la geografía. Se dedica al estudio de los procesos físicos, químicos y biológicos de los medios acuáticos.

**Oído:** órgano encargado de la audición y el equilibrio. Está formado por el oído externo, medio e interno.

**Onda:** perturbación que tiene la propiedad de propagarse a través de un medio.

**Ondas electromagnéticas:** conjunto de radiaciones capaces de viajar por el vacío.

**Ondas estacionarias:** son estáticas y se forman cuando ondas con igual amplitud y frecuencia viajan en la misma dirección, pero con sentido opuesto, interfiriéndose entre sí. Los puntos de máxima amplitud de la onda se llaman antinodos y los puntos estáticos, nodos.



**Ondas Love (L):** ondas sísmicas superficiales, que se liberan cuando las ondas internas (P y S) llegan a la superficie. Las partículas se mueven en el plano de la superficie de forma perpendicular a la dirección del desplazamiento.

**Ondas longitudinales:** tipo de ondas en las que las partículas del medio oscilan en la misma dirección de propagación de la onda.

**Ondas mecánicas:** conjunto de perturbaciones que necesitan de un medio elástico para propagarse.

**Ondas primarias (P):** ondas longitudinales que viajan por la parte interna de la Tierra.

**Ondas Rayleigh (R):** onda superficial liberada al momento de llegar las ondas internas (P y S) a la superficie. Las partículas del medio se mueven elípticamente, en el plano de la dirección de desplazamiento de la onda.

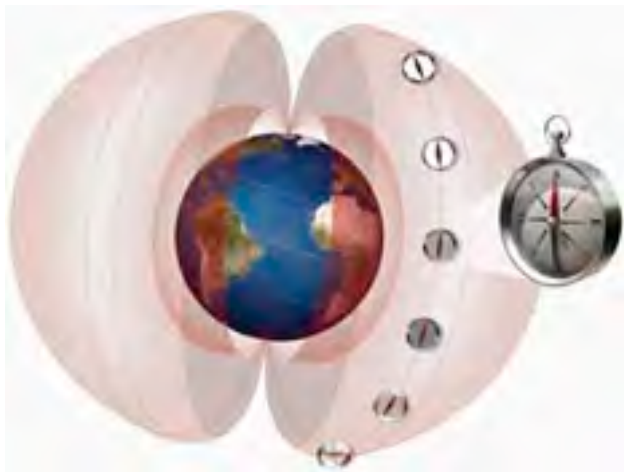
**Ondas secundarias (S):** onda transversal que viaja solamente por materiales sólidos (no se propaga en el núcleo externo de la tierra).

**Ondas transversales:** tipo de ondas que, al propagarse, hacen que las partículas del medio oscilen hacia arriba y hacia abajo, perpendicularmente a la dirección del desplazamiento.

**Ondas viajeras:** ondas que al propagarse no regresan hacia su fuente de origen.

## P

**Paleomagnetismo:** ciencia que estudia las características del campo magnético de la Tierra en el pasado.



**Penumbra:** sombra parcial, donde algunos rayos llegan y los otros se bloquean.

**Período:** tiempo que tarda una fuente de ondas en emitir una longitud de onda completa.

**Piroclastos:** cualquier material sólido expulsado al aire en un proceso de erupción volcánica.

**Posición de equilibrio:** posición en la cual las partículas de un medio no han sufrido perturbación.

**Pupila:** pequeña abertura que regula el ingreso de luz al ojo.

## R

**Rapidez de propagación de la onda:** cociente entre la longitud de onda y el período. El sonido se desplaza con distinta rapidez dependiendo de la densidad del medio de propagación.

**Rayos notables:** rayos de luz que permiten realizar análisis de instrumentos ópticos. Se destacan el rayo paralelo, focal y radial.

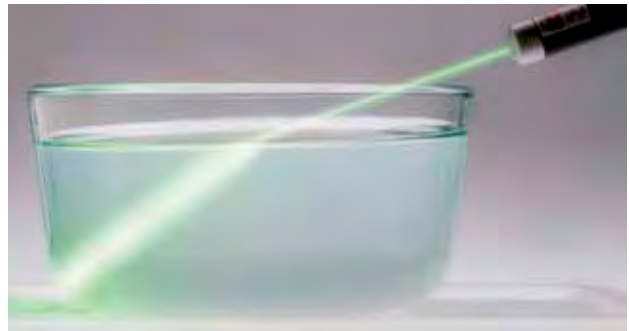
**Reflexión:** fenómeno que ocurre cuando una onda (luz o sonido) incide sobre una superficie y rebota. Se cumple que los ángulos incidentes y reflejados son iguales.

**Reflexión difusa:** ocurre en superficies rugosas. Los rayos reflejados no son paralelos entre sí, sino que viajan en todas direcciones.

**Reflexión regular:** ocurre en superficies especulares o lisas. Los rayos reflejados son paralelos entre sí.

**Reflexión interna total:** corresponde a la reflexión total de la luz que viaja por un medio más denso y llega a la frontera con un medio menos denso, formando un ángulo mayor que el ángulo crítico.

**Refracción:** consiste en la desviación de los rayos de luz que inciden en forma oblicua al pasar de un medio transparente a otro, producto del cambio en su rapidez.



**Resonancia:** ocurre cuando un cuerpo es sometido a una perturbación con una frecuencia que coincide con su frecuencia de oscilación natural. Esto la refuerza, produciendo un aumento en su amplitud de oscilación.

**Reverberación:** persistencia de un sonido debido a reflexiones múltiples del mismo con un retardo menor a 0,1 segundo.

## S

**Sismógrafo:** instrumento que permite registrar y medir la intensidad de un sismo.

**Sismo:** sacudida de la corteza terrestre, producida por la actividad tectónica o por alguna actividad humana, como pruebas nucleares.

**Sistema de coordenadas:** sistema geométrico utilizado para ubicar posiciones.

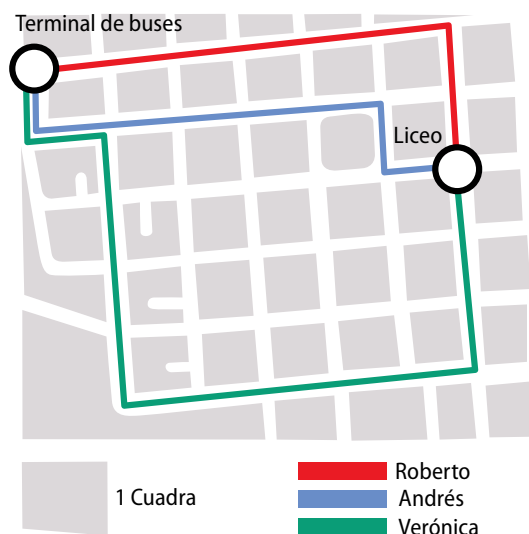
## T

**Tectónica de placas:** teoría que explica la deriva de los continentes, la expansión del fondo oceánico y los procesos dinámicos que se producen en la corteza terrestre.

**Telescopio:** instrumento óptico que permite amplificar las imágenes de objetos muy lejanos. Existen dos tipos de telescopios, el reflector y el refractor.

**Timbre:** característica del sonido que permite diferenciar dos fuentes sonoras distintas, que emiten un sonido con la misma frecuencia e intensidad.

**Trayectoria:** línea que describe un móvil durante su movimiento.



**Tren de ondas:** serie continua e ininterrumpida de perturbaciones que se propagan por un medio.

**Tsunami:** gigantescas olas producidas por un maremoto o por la erupción de un volcán submarino.

## U

**Ultrasonido:** sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano (20 000 Hz).

**Umbral de intensidad auditiva:** corresponde a la intensidad mínima y máxima del sonido que el oído puede captar regularmente. El umbral mínimo se fija en los 0 dB y el umbral del dolor se fija entre los 120 y los 140 dB.

**Umbral:** parte más oscura de una sombra, la cual no recibe ningún rayo de luz.

## V

**Vector:** elemento geométrico utilizado en cualquier sistema de coordenadas. Posee una magnitud o tamaño, dirección y sentido.

**Velocidad relativa:** diferentes mediciones de la velocidad que realizan los observadores desde distintos sistemas de referencia.

**Volcán:** estructura geológica que expulsa material magmático desde el interior de la Tierra. Está formado por el cráter, la chimenea, el cono y la cámara magmática.



### A

Absorción del sonido, 52  
Aguas termales, 149  
Altura o tono, 30  
Amplitud, 23  
Antinodo, 31  
Armónicos, 32, 33  
Audífono, 47

### C

Capacidad auditiva, 47  
Cinturón de fuego, 148  
Coeficiente de absorción, 52  
Contaminación acústica, 46  
Corpúsculos, 113  
Corrientes de convección, 158, 159  
Cristalino, 107, 110, 111  
Cuerdas vocales, 29

### D

Deformación, 184, 187  
Deriva continental, 160, 161  
Desplazamiento, 204  
Difracción del sonido, 55  
Dinamómetro, 195  
Dorsales oceánicas, 163

### E

Eco, 51  
Ecógrafo, 48  
Ecolocalización, 43  
Efecto Doppler, 58, 59  
Epicentro, 136, 140  
Escala Mercalli, 138, 139  
Escala musical, 30  
Escala Richter, 138, 141  
Espectro auditivo, 42  
Espectro electromagnético, 116, 117  
Espejos, 79, 80  
    curvo, 80, 81, 82, 83  
    plano, 79

### F

Fosas oceánicas, 163  
Frecuencia, 22, 30  
Fuente sonora, 28  
Fuerza, 184, 185, 186, 187  
Fuerza de restitución elástica, 189, 193

### G

Géiseres, 149

### H

Hipermetropía, 109, 111  
Hipocentro, 136

### I

Imagen real, 79, 97  
Imagen virtual, 79, 83  
Índice de refracción, 92, 93  
Infrasonido, 42  
Instrumentos ópticos, 98, 99  
Instrumentos musicales, 28, 29, 31  
Intensidad del sonido, 33, 40  
Interferencia, 31, 56  
    constructiva, 56  
    destruktiva, 56

### L

Lava, 146, 147  
Lentes, 95, 96, 97  
    bicóncavas, 95, 96  
    biconvexas, 95, 96, 97  
Ley de Hooke, 192, 193, 195  
Ley de Snell, 91  
Límites convergentes, 159  
Límites divergentes, 159  
Límite elástico, 193  
Límites transformantes, 159  
Longitud de onda, 22, 23  
Luz visible, 116

## M

Magma, 146  
Marco de referencia, 201, 207, 208  
Material elástico, 189  
Material inelástico, 187  
Materiales opacos, 118  
Materiales translúcidos, 118  
Materiales transparentes, 118  
Microondas, 116, 117  
Miopía, 109, 111  
Modelo dinámico, 157  
Modelo estático, 156  
Movimiento oscilatorio, 17  
Movimiento relativo, 207, 208

## N

Normal, 77, 91  
Nodo, 31

## O

Oceanografía, 162, 163  
Oído, 44, 45  
    externo, 44  
    interno, 44  
    medio, 44  
Ojo, 107  
Ondas, 17, 18, 20, 22  
    de radio, 116  
    electromagnéticas, 21, 117  
    estacionarias, 21, 31  
    infrarrojas, 116  
    *love* (L), 137  
    longitudinales, 20, 137  
    mecánicas, 21  
    primarias (P), 137  
    Rayleigh (R), 137  
    secundarias (S), 137  
    transversales, 20  
    viajeras, 21

## P

Paleomagnetismo, 162  
Penumbra, 115  
Período, 22  
Perturbación, 17  
Piroclastos, 147  
Placas tectónicas, 148, 164, 165  
Posición, 200, 201, 202  
Posición de equilibrio, 17  
Pulso, 18  
Pupila, 107, 108

## R

Rapidez de propagación de la onda, 23  
Rayos gamma, 116  
Rayos notables, 81  
Rayos ultravioleta, 116  
Rayos X, 116  
Reflexión, 51, 76  
    difusa, 78  
    regular, 78  
    total, 93  
    Ángulo crítico, 93  
Refracción, 54, 90  
Resonancia, 57  
Reverberación, 51

## S

Sismógrafo, 138  
Sismos, 135  
Sonar, 48  
Sonido, 27  
Sistema de coordenadas, 201  
Superposición de ondas, 32

## T

Tectónica de placas, 164, 166  
Teoría corpuscular, 113  
Teoría ondulatoria, 113  
Timbre, 31  
Trayectoria, 204  
Tren de ondas, 18  
*Tsunami*, 142

## U

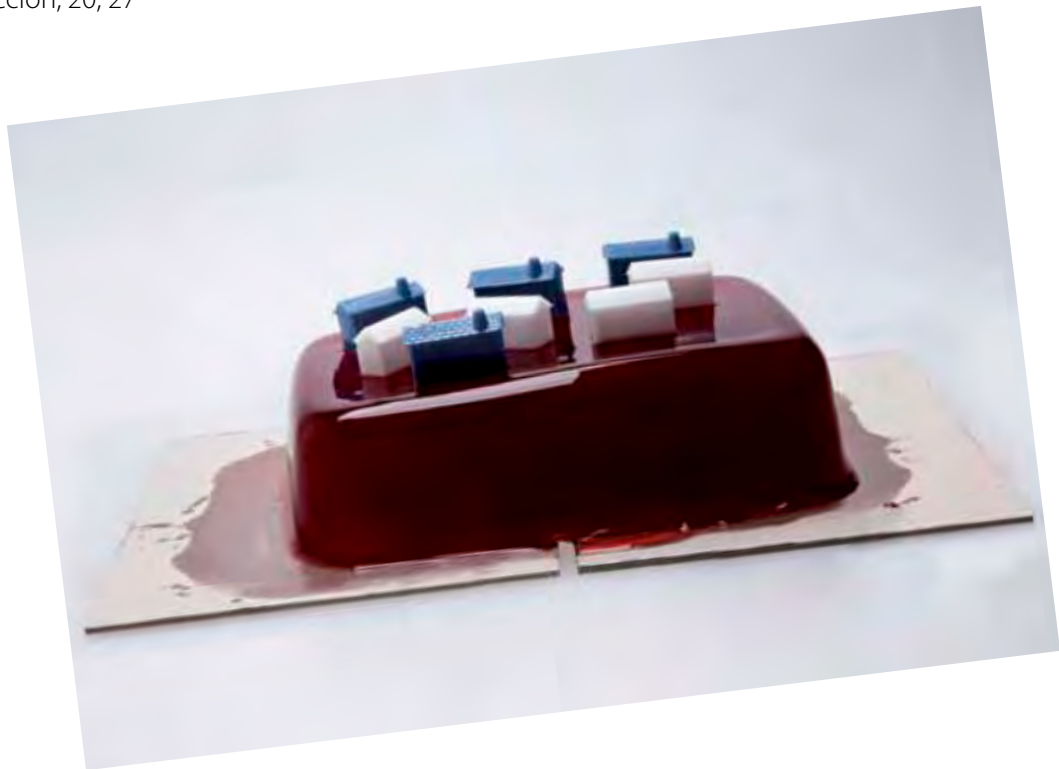
Ultrasonido, 43  
Umbral de audición, 41  
Umbra, 115

## V

Vector, 185  
Velocidad relativa, 210, 211, 212  
Volcán, 145, 146

## Z

Zona de compresión, 20, 27  
Zona de rarefacción, 20, 27



## Unidad 1

### Página 18. Actividad 1

- En ambos casos hay una perturbación que se propaga, sin existir propagación de materia.
- Las personas son el medio de propagación.
- Las personas oscilan de la misma manera que las partículas del medio cuando se propaga una onda.

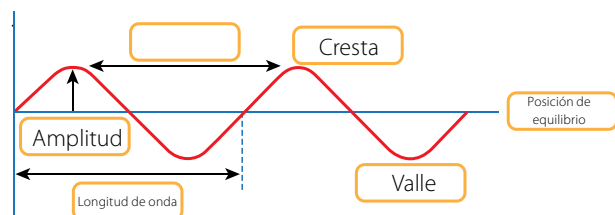
### Página 23. Actividad 2

- 4 oscilaciones, 8 oscilaciones y 5 oscilaciones, respectivamente.
- 4 Hz, 8 Hz y 5 Hz, respectivamente.

### Página 24. Ahora tú

El periodo de la onda es 8 s y su rapidez es 0,5 cm/s.

### Página 25. Actividades de cierre



- Es la representación de una onda transversal.
  - Tiene 2 oscilaciones.
- $\lambda = 0,125$  m,  $T = 0,25$  s y  $f = 4$  Hz.
- La onda c tiene menor longitud.
  - La onda c tiene mayor frecuencia ya que presenta más oscilaciones en el mismo periodo de tiempo.
- El corcho comenzará a oscilar en forma vertical.

### Página 30. Actividad 4

Do:  $T \approx 0,0038$  s;  $\lambda \approx 1,30$  m. Re:  $T \approx 0,0034$  s;  $\lambda \approx 1,16$  m.  
 Mi:  $T \approx 0,0030$  s;  $\lambda \approx 1,03$  m. Fa:  $T \approx 0,0029$  s;  $\lambda \approx 0,97$  m.  
 Sol:  $T \approx 0,0026$  s;  $\lambda \approx 0,87$  m. La:  $T \approx 0,0023$  s;  $\lambda \approx 0,77$  m.  
 Si:  $T \approx 0,0020$  s;  $\lambda \approx 0,69$  m. Do:  $T \approx 0,0019$  s;  $\lambda \approx 0,65$  m

### Página 34. Actividades de cierre

- El instrumento debe provocar la vibración de las partículas de aire para que el sonido se pueda propagar.
- La frecuencia aumenta y la longitud de onda disminuye.
  - El periodo disminuye ya que es el inverso de la frecuencia.
- Si el aire cambiara sus propiedades podría cambiar, por ejemplo, la velocidad del sonido o la amplitud de los sonidos. No podríamos oír si las partículas del aire perdieran su capacidad de oscilar, es decir, si el medio dejara de ser elástico.

### Páginas 38 y 39. Evaluación de proceso. Actividades.

- En el caso de que interior de la campana no haya aire.
- Porque la luz es una onda electromagnética, de modo que se propaga tanto en el aire como en el vacío.

- El sonido producido por a es más agudo; b y c tienen el mismo tono.
  - b y c tienen igual longitud de onda, que es mayor que la de a; por otra parte, a tiene mayor amplitud e intensidad, y c, menor.
- 2 s
  - 0,5 Hz
- Aproximadamente 0,515 m
  - Aproximadamente 0,0015 s
  - Para amplificar el sonido.
  - Cada diapason está construido para emitir sonidos con un único tono.

### Página 42. Actividad 6

- El ratón posee el rango más amplio y la rana, el menos amplio.
- El elefante.
- El perro, el ratón y el gato perciben ultrasonidos.

### Página 45. Actividad 8

- El líquido al interior de la cóclea permite, por ejemplo, que las vibraciones mecánicas provenientes de la ventana oval puedan ser captadas por las células ciliares.
- El sonido es captado por la oreja y pasa por el canal auditivo externo hasta llegar al tímpano, el cual al vibrar, transmite las ondas a la cadena de huesecillos y posteriormente a la ventana oval. Esta transmite la vibración al líquido ubicado dentro de la cóclea, lo que estimula a las células ciliares, y estas a su vez emiten señales eléctricas que viajan al cerebro por medio del nervio auditivo.
- En el oído medio el sistema mecánico formado por los huesecillos transmite la vibración del sonido, al igual que cuando las piezas de dominó se ponen en una hilera y al caer una pieza, hace que las demás también caigan.

### Página 48. Actividad 10

- Ambos funcionan de manera similar, pero el sonar emite ultrasonido mientras que el radar emite ondas de radio.

### Página 48. Actividades de cierre

- Debido a la contaminación acústica que provocan los aviones.

### Página 49. Ahora tú

- Aproximadamente 5,095 s.
- Se encuentra a 17 m.

### Página 51. Actividad 11

El sonar funciona sobre la base de la reflexión de las ondas sonoras, ya que la onda emitida por el aparato viaja hasta chocar con el obstáculo y se refleja, volviendo al instrumento.

### Página 52. Actividad 12

- En la habitación vacía es más fácil escuchar reverberación debido a que hay menor absorción.



2. La acústica de lugar tendrá mucha reverberación ya que no hay materiales que absorban el sonido. Para evitar esto será necesario recubrir la sala con alfombras en el piso y telas en las paredes.

#### Página 54. Actividad 13

1. Porque durante la noche la temperatura del aire cerca de la superficie de la tierra es baja, de modo que el sonido no asciende. Por lo tanto, el sonido recorre una mayor distancia y se pueden percibir sonidos provenientes de fuentes lejanas.
2. a. Es absorbido por el material, para evitar la reverberación.  
b. Depende de la temperatura de la sala. Por ejemplo, si la parte más alta de la sala está a menor temperatura que la parte más baja, en ese sector el sonido se percibirá con una mayor intensidad.

#### Página 56. Actividad 14

La persona C escuchará el sonido amplificado ya que en este caso se produce interferencia constructiva.

#### Página 59. Actividad 15

En este caso no se apreciaría el efecto Doppler ya que no hay movimiento relativo entre la fuente y el observador.

#### Página 60. Actividades de cierre

1. a. Se produjo eco debido a la reflexión del sonido.  
b. Se encuentra a 340 m.  
c. Tardaría menos tiempo ya que la rapidez del sonido aumenta con la temperatura.
2. a. Se encuentra a 675 m.  
b. El sonar se basa en la reflexión del sonido.  
c. Por que en la habitación amoblada la mayor parte del sonido es absorbido. Por lo tanto, se percibe menos reverberación.

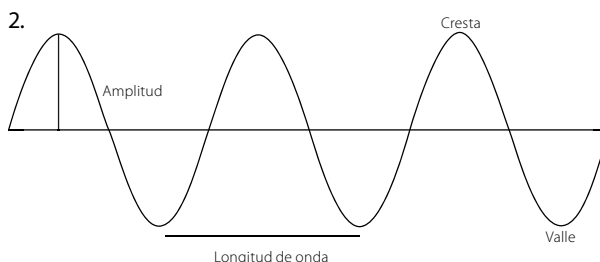
#### Páginas 62 y 63. Evaluación de proceso. Actividades

1. Perro: 6,8 mm (en el aire); murciélago: 3,4 mm (en el aire); delfín: 1 cm (en el agua).
2. Todas las situaciones pueden ser nocivas en un tiempo prolongado.
3. a. La vibración del tímpano se transmite a los huesecillos (martillo, yunque y estribo), los cuales amplifican las vibraciones y las transmiten a la cóclea por medio de la ventana oval. Estas vibraciones mueven el líquido ubicado al interior de la cóclea, estimulando a las células ciliares localizadas en el órgano de Corti.  
b. Las células ciliares transforman las vibraciones en impulsos eléctricos, los cuales se transmiten al cerebro por medio del nervio auditivo.  
c. Por ejemplo, el tímpano y las células ciliares.
4. a. Tarda 4 s.  
b. Debe estar a menos de 17 m para no escuchar el eco.
5. a. Las partículas de aire oscilan debido a la vibración del parlante.  
b. Porque el sonido se refleja en la pared y regresa a la niña, entrando por el otro oído.

- c. La reflexión y la difracción del sonido.

#### Páginas 66 a 68. Evaluación final

1. a. El movimiento periódico no necesariamente es un movimiento oscilatorio. Por ejemplo, la traslación de la Tierra es periódica pero no es un movimiento de vaivén.  
b. A diferencia de las ondas electromagnéticas, las ondas mecánicas no se propagan en el vacío.  
c. La frecuencia y el periodo son magnitudes inversas. La primera es la cantidad de oscilaciones por unidad de tiempo, mientras que la segunda mide el tiempo que tarda una oscilación.



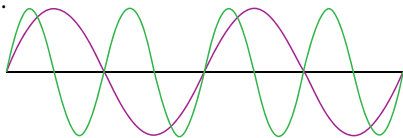
4. Se debe a que cada cuerpo posee una frecuencia natural distinta.
5. a. La velocidad del sonido es mayor en el hierro.  
b. Porque en los metales el sonido se propaga más rápido.  
c. En el plomo y en el aire.
6. a. El contrabajo tiene el menor rango de frecuencias y el violín, el mayor.  
b. El violín y la flauta traversa emiten los tonos más agudos, y la tuba y el contrabajo, los más graves.  
c. En su timbre, que depende del diseño de cada instrumento.
7. Por ejemplo, los dj's en las discotecas, los obreros de la construcción, los pilotos de helicópteros y los operarios de un aserradero.
8. a. El sonido se propaga más rápidamente en los sólidos que en el aire.  
b. Porque el sonido del tren se percibirá antes en el suelo que en el aire ya que en los sólidos el sonido se propaga a una velocidad mayor.
9. a. Porque se expone el oído a intensidades y/o frecuencias mayores a las que puede soportar.

#### Página 69 a 71. Actividades complementarias

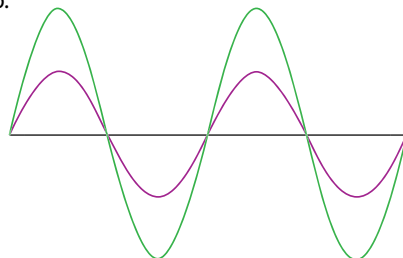
1. Es una onda mecánica, longitudinal, unidimensional y viajera.
2. La frecuencia es 0,0167 Hz y la longitud de onda es 1 200 m.
3. El tono se relaciona con la frecuencia de la onda sonora, mientras que el timbre depende del diseño de cada instrumento y de los armónicos producidos por él.
4. La superposición de las ondas sonoras con frecuencia fundamental y sus armónicos determinan el timbre del sonido, que es característico de cada instrumento musical.
6. En ambos casos la fuente emite un ultrasonido, el cual se refleja con un obstáculo y retorna a su fuente de origen.

8. La función de las cajas de resonancia es amplificar la intensidad de los sonidos emitidos por los instrumentos.

9. a.



b.



10. a. Las tres ondas sonoras tienen el mismo tono ya que poseen igual frecuencia.

b. onda 1, onda 2 y onda 3.

11. a. Podría sufrir problemas a sus oídos ya que el tiempo total de exposición supera las 2 horas.

b. 85 dB

c. Hasta 4 horas diarias.

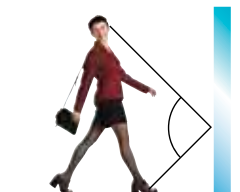
12. a. No, ya que el sonido no se propaga por el vacío.

b. Midiendo el intervalo de tiempo entre el instante en que se emitió el sonido y el instante en que se percibió el eco. Al multiplicar este valor por el de la rapidez del sonido en el aire, se obtiene el doble de la distancia al acantilado.

## Unidad 2

### Página 77. Actividad 1

1.



### Página 82. Actividad 3

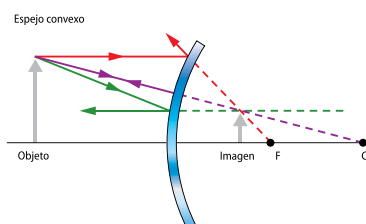
a. Se usó el rayo paralelo y el rayo radial.

b. Porque el objeto se encuentra en el foco.

c. Porque las prolongaciones de los rayos también son paralelas.

### Página 84. Actividad 4

La imagen obtenida es virtual ya que se forma detrás del espejo.

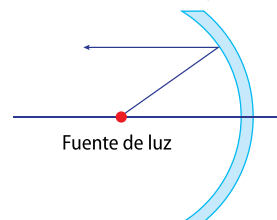


### Página 85. Ahora tú

La fuente de luz debe estar en el foco del espejo.

### Página 86. Actividades de cierre

1. a. En ambos casos, el diagrama de rayos es el siguiente:



b. Porque al poner la ampollita en el punto focal, los rayos que se reflejan en el espejo serán paralelos al eje principal, de modo que abarcarán una mayor distancia.

3. La imagen real se forma en la intersección de los rayos notables reflejados por delante del espejo, mientras que la imagen virtual se forma en la intersección de las prolongaciones de los rayos reflejados detrás del espejo.

4. En este caso los rayos se reflejan en forma difusa, o bien, la mayor parte del rayo se transmite y no se refleja.

5. Es un espejo plano. La imagen es del mismo tamaño que el objeto, presenta inversión lateral y está ubicada a la misma distancia del espejo que el objeto.

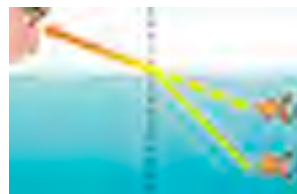
6. Porque en un espejo convexo la imagen obtenida es más pequeña y pareciera estar más lejos del espejo que el objeto.

### Página 91. Actividad 5

1. No, los peces están más abajo de lo que aparentan. Esto se debe a la refracción de la luz.

2. No, ya que el pez no se encuentra en esa posición.

3.



### Página 92. Actividad 6

1. A medida que aumenta el valor de  $n$  la velocidad de la luz en ese medio disminuye.

2. En el diamante.

3. Entre el vacío y el diamante.

### Página 97. Actividad 8

En este caso no se forma imagen ya que tanto los rayos refractados como sus prolongaciones son paralelos entre sí.

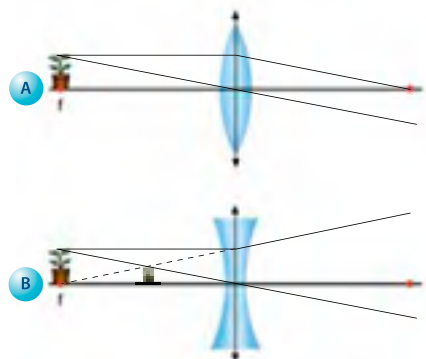
### Página 100. Actividades de cierre

1. Tienen direcciones diferentes y viajan a distintas rapidezces.

2. La afirmación es falsa ya que en la reflexión también hay cambio de dirección.

3. En las lentes convergentes se forman imágenes reales cuando el objeto se encuentra más lejos que la distancia focal de la lente. Si el objeto está ubicado entre el foco y la lente, la imagen es virtual. En las lentes divergentes siempre se forman imágenes virtuales.

4.

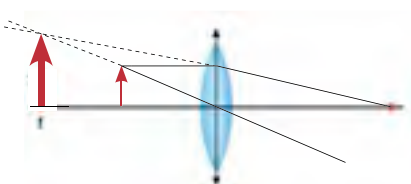


5. Los instrumentos ópticos son muy importantes para el desarrollo de la ciencia; por ejemplo, el telescopio y el microscopio nos sirven para observar fenómenos que no son apreciables a simple vista.
6. En el diamante disminuye más la rapidez del sonido, ya que su índice de refracción es mayor.

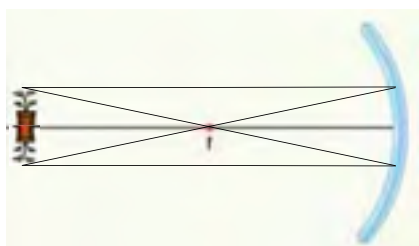
#### Páginas 104 y 105. Evaluación de proceso. Actividades

1. a. Porque con este tipo de espejos el campo visual es más amplio.  
b. Sí, porque la imagen siempre se forma detrás del espejo.  
c. Espejos convexos, ya que el campo visual es mayor.  
d. No, ya que la imagen no está invertida verticalmente respecto del objeto.
2. En el espejo convexo la imagen es virtual y derecha. En el espejo cóncavo la imagen es real e invertida.
3. El medio 1 tiene menor índice de refracción.

4. a.



b.



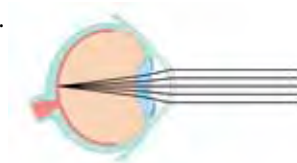
#### Página 108. Actividad 9

1. La córnea, el cristalino y los músculos ciliares.

2. Cuando los rayos provienen de lejos el cristalino se encuentra relajado. En este caso, la distancia focal es máxima y los rayos convergen en la retina. Por el contrario, cuando los rayos provienen de un objeto cercano, el cristalino se contrae, de manera que la distancia focal disminuye y la imagen se proyecta en la retina.

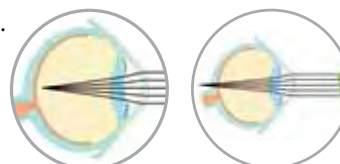
#### Página 111. Actividades de cierre

1.



2. Ambos objetos corresponden a lentes biconvexas que refractan los rayos de luz paralelos, logrando que converjan en un solo punto.
3. El cerebro es el encargado de interpretar las señales eléctricas provenientes del nervio óptico.

4. a.



Andrés

Mónica

- b. Andrés tiene miopía, de modo que debiera usar una lente divergente. Por otra parte, Mónica tiene hipermetropía, por lo que debiera usar una lente convergente.

#### Página 115. Actividad 11

1. Una onda es una perturbación en la que hay propagación de energía; en tanto, los rayos son líneas que representan la dirección de propagación de las ondas de luz.
2. Las zonas de umbra son aquellas en las que la oscuridad es total, en cambio, en las zonas de penumbra la oscuridad no es total ya que reciben parte de los rayos provenientes de la fuente.

#### Página 117. Actividad 12

1. Ordenados de menor a mayor frecuencia, o bien, de mayor a menor longitud de onda: ondas de radio, microondas, infrarroja, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

#### Página 118. Actividad 13

1. La luz es absorbida por un material cuando es captada por este, sin reemitirla. La luz se transmite cuando pasa de un medio a otro.
3. Se relaciona con un material translúcido.

#### Página 119. Actividades de cierre

- a. Se forman otros colores.
- b. El color blanco se forma al mezclar los tres colores (rojo, azul y verde).
- c. Los colores primarios son el rojo, el verde y el azul.

- d. Con témpera no se puede obtener el color blanco.

### Páginas 120 y 121. Evaluación de proceso. Actividades

1. a. Verdadera. La luz no requiere un medio material para propagarse.  
b. Falsa. La córnea también refracta los rayos de luz.  
c. Falsa. Los estudios de Maxwell se relacionan con el carácter ondulatorio de la luz, planteado por Huygens.  
d. Verdadera. Por ejemplo, se puede percibir el calor de los cuerpos, el cual es transmitido por radiación infrarroja.
2. a. La luz entra a los ojos, proveniente del objeto que estamos mirando.  
b. No necesariamente. Los objetos iluminados pueden reflejar la luz, sin emitirla.  
c. No es correcta, ya que la "luz de la Luna" en realidad es luz proveniente del Sol, reflejada por la Luna.

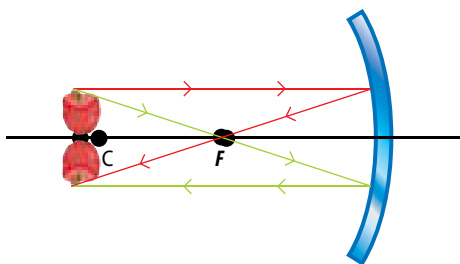
3.



4. En el caso A la luz es absorbida en su totalidad y en el caso B, es reflejada totalmente.
5. a. Las partículas cargadas emiten energía en forma de ondas cuando aceleran.  
b. No, porque los resultados de Hertz son producto de años de investigación del tema, de diferentes científicos, por ejemplo, Maxwell.  
c. No, por ejemplo, el efecto fotoeléctrico no se puede explicar con esta teoría.

### Páginas 124 a 126. Evaluación final

1. Si bien ambos científicos postularon la teoría ondulatoria de la luz, Maxwell dedujo que la luz forma parte del espectro de ondas electromagnéticas.
2. Por ejemplo, en la televisión, la radio, los hornos microondas y los celulares.
3. a. Es correcta. b. No es correcta. c. Es correcta.
- 4.



5. Porque en una lente divergente los rayos notables refractados divergen entre sí, por lo que nunca se intersecar  n en algún punto detrás de la lente. En este caso, las prolongaciones de

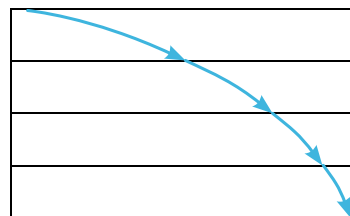
los rayos refractados se cortan en un punto delante de la lente, de manera que la imagen que se forma siempre es virtual.

6. Porque el proceso de visión involucra tanto elementos biológicos (estructura del ojo, proceso de la visión, etcétera) como físicos (lentes, ondas electromagnéticas, etcétera).
7. S  , por ejemplo, en la corrección de problemas a la visión mediante lentes.
8. a. Diamante: 123 966 942 m/s; cuarzo: 194 805 195 m/s  
b. Aproximadamente 1,82 veces.  
c. El diamante es el más refringente.
9. En A se produce una reflexión especular debido a que el agua est   en calma y se comporta como una superficie completamente lisa. En B, el agua presenta ondulaciones de modo que la luz se refleja en forma difusa.
10. a. La dispersión de la luz.  
b. Los colores del arcoíris (rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta).  
c. La formación del arcoíris.
11. a. La cuchara A corresponde a un espejo cóncavo y la cuchara B, a un espejo convexo.  
b. En el caso A, la imagen es invertida, más pequeña y real; en el caso B, la imagen es derecha, más pequeña y virtual.  
c. Por ejemplo, en el caso A se podrían usar como espejos con aumento y en el caso B, como retrovisores.
12. Las niñas no se ven entre sí.

### Páginas 127 a 129. Actividades complementarias

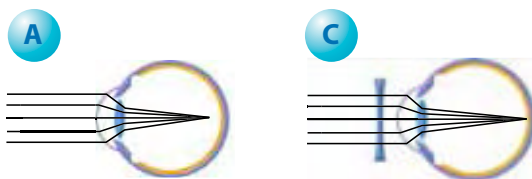
1. Los objetos reflejan la luz que incide sobre ellos. Ese reflejo entra en nuestro ojo. Por tal motivo, los podemos ver.
2. La reflexión especular se da en superficies lisas y el reflejo se ve claramente. En la reflexión difusa, los rayos incidentes se reflejan en ángulos aleatorios, de manera que la imagen es borrosa.
3. Sí se cumplen las leyes de la refracción.
5. La córnea y el cristalino refractan los rayos de luz al interior del ojo.
6. S  , ya que el cristalino se puede considerar como una lente convergente.
8. Los colores se relacionan con la longitud de las ondas electromagnéticas, es decir, vemos colores diferentes porque captamos ondas con distintas longitudes.
9. Porque el agua actúa como un espejo plano que refleja la luz proveniente del cielo en forma especular.

10.





11. La lente C permite corregir el defecto.



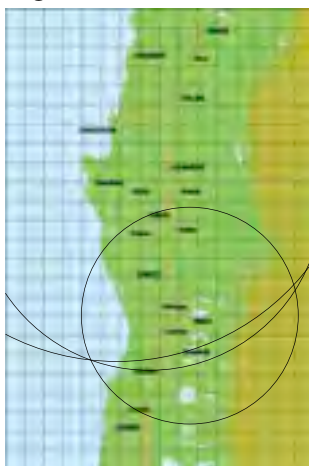
12. En un eclipse total de Sol, la parte de la Tierra donde la Luna tapa al Sol por completo corresponde a la zona de umbra. En esta zona se produce oscuridad total; si la Luna no cubre completamente al disco solar, se produce un eclipse parcial y se observa una zona de penumbra.

## Unidad 3

### Página 137. Actividad 1

1. No, los sismos superficiales se perciben con mayor intensidad que los sismos más profundos.
2. Los sismos cuyos hipocentros se encuentran a mayor profundidad, generalmente se perciben con menor intensidad que aquellos cuyo hipocentro está más cerca de la superficie.

### Página 140. Ahora tú



### Página 143. Actividades de cierre

1. No, porque depende de la percepción de cada persona, o de los daños, que pueden variar en diferentes lugares.
2. Es un sismo percibido por toda la población. Se mueven los muebles pesados.

### Página 148. Actividad 3

No necesariamente, porque los gases tóxicos y los materiales piroclásticos arrojados por el volcán pueden alcanzar grandes distancias.

### Página 150. Actividades de cierre

1. a. La olla con agua salpica más.  
b. El magma más caliente se parece al agua hirviendo; por otra parte, el magma más frío se parece más al puré.

2. La temperatura del magma es mayor en el caso B, intermedia en el caso C y más baja en el caso A.

### Páginas 152 y 153. Evaluación de proceso. Actividades

1. Las explosiones más violentas son aquellas que hacen explotar varias chimeneas laterales ya que la presión al interior de la cámara magmática es mayor, lo que provoca erupciones muy explosivas.
2. No, los pescadores en altamar no perciben los efectos del *tsunami*, ya que en alta más la variación en la altura de las olas es imperceptible.
3. Porque es importante conocer tanto los efectos del sismo en la población como sus características físicas. Si solo se midiera con la escala Mercalli, faltaría información objetiva respecto de las características físicas del sismo, como la energía liberada.
4. La onda A representa una onda superficial tipo L y la B representa una onda P. Las ondas superficiales son las que provocan daños en las estructuras.

### Página 159. Actividades de cierre

1. La energía interna de la Tierra se transmite por medio de corrientes de convección, las cuales permiten el movimiento de las placas tectónicas, y debido a la interacción en los bordes de las placas, se produce la mayor parte de la actividad sísmica y volcánica que se conoce.
2. Cera para depilar, un recipiente de metal, colorante vegetal y un mechero.
3. Porque las corrientes de convección se generan al calentar la sustancia.

### Página 163. Actividad 7

En ambos casos, hay que separar las hojas.

### Página 165. Actividad 8

1. Ambos países se encuentran sobre límites de placas tectónicas.

### Página 166. Actividades de cierre

1. La actividad sísmica y volcánica se explica con la teoría de tectónica de placas: la mayoría de la actividad sísmica y volcánica ocurre en los límites de las placas tectónicas, debido al movimiento relativo entre estas.
2. Fue planteada como hipótesis ya que no existía una demostración formal del fenómeno planteado. Se transformó en teoría una vez que se encontró evidencia que apoyaba la hipótesis.
3. a. A que en el pasado los continentes sudamericano y africano se encontraban unidos, lo que permitió la circulación del Mesosaurus en ambas regiones.  
b. No, porque el Mesosaurus nadaba en agua dulce.

### Páginas 170 y 171. Evaluación de proceso. Actividades

1. Las rocas no se funden debido a las altas presiones a las que se encuentran sometidas.
2. Porque la litósfera oceánica es más densa que la continental.

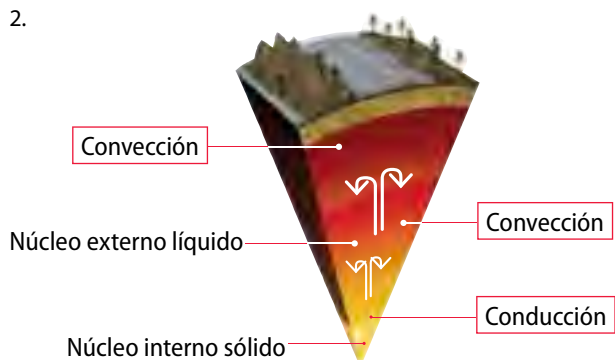
3.

Límite transformante	Límite divergente	Límite convergente
Los bordes de las placas se deslizan lateralmente. La fricción entre ellos origina acumulación de energía, la cual posteriormente se libera mediante las ondas sísmicas.	Las placas se separan y emerge magma, generando corteza nueva.	Las placas chocan entre sí, generando zonas de subducción y/o formación de montañas. Hay alta actividad sísmica y volcánica.

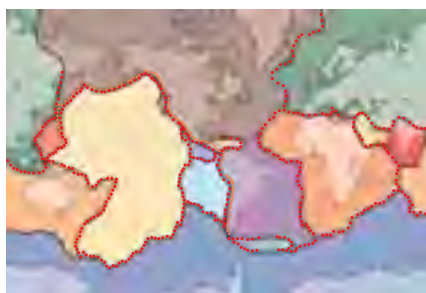
4. En la imagen de la izquierda se representa la litósfera terrestre, la cual está conformada por placas. En la imagen de la derecha se muestran las corrientes de convección que se producen en la astenósfera. Dado que las placas flotan sobre la astenósfera, estas se mueven debido a dichas corrientes de convección.
5. Porque no explicaba las causas del movimiento de los continentes.
6. Una hipótesis se convierte en teoría cuando es verificada experimentalmente a partir de un procedimiento científico, o bien, cuando se halla evidencia que la sostiene; por ejemplo, la teoría de la deriva continental fue una hipótesis por más de 50 años hasta que se convirtió en teoría gracias a las pruebas encontradas.
7. El mapa señala que en medio de los océanos se forma corteza oceánica nueva, lo que indica que los continentes se alejan unos de otros.

#### Páginas 174 a 176. Evaluación final

1. Porque nuestro país se encuentra sobre el límite donde convergen las placas de Nazca y Sudamericana.
- 2.



3. La mayor cantidad de volcanes en el mundo se concentra en el anillo de fuego del Pacífico.



4. Por ejemplo, algunos efectos directos son la inhalación de gases tóxicos, las lluvias de ceniza, la caída de material piroclástico y los daños ocasionados por las coladas de lava. Algunos efectos indirectos son lluvia ácida, contaminación de las aguas, muerte de la flora y fauna, entre otros.

5. a. La inminencia de un *tsunami*.  
b. Sí, cuando el mar retrocede es indicio de que se acerca un *tsunami*.  
c. Lo recomendable es correr a zonas más elevadas, designadas por las autoridades como zonas seguras.
6. a. Porque el sismo en Haití fue menos profundo. Además, las construcciones de Haití no estaban diseñadas para soportar sismos de grandes magnitudes.  
b. Por ejemplo, la falta de medidas de protección civil ante sismos.  
c. Son importantes, ya que estas medidas permiten minimizar las pérdidas humanas y los daños en las estructuras.
7. Usando sismógrafos, a partir de la diferencia de tiempo en la llegada de las ondas S y P.
8. a. Ambos pueblos estarían en riesgo, pero el pueblo A lo estaría más ya que la ceniza volcánica llegaría allí en mayor cantidad debido al viento.  
b. En ambos pueblos llegarían coladas de lava, material piroclástico, gases y ceniza volcánica; sin embargo, lo harían en mayor cantidad al pueblo A.

11. La varilla de madera es más rígida y se asemeja más a las rocas que se fracturan.

#### Páginas 177 a 179. Actividades complementarias

1. La magnitud de un sismo se relaciona con la energía liberada en él, mientras que la intensidad se asocia con los efectos producidos y los daños ocasionados.
2. La escala de Mercalli se basa en los daños provocados por el sismo.
4. Es más peligroso el volcán que posee varias chimeneas ya que la presión es mayor y las erupciones son más violentas.
5. Corteza sólida, manto sólido, núcleo externo líquido y núcleo interno sólido.
6. La actividad sísmica y volcánica se relaciona con el movimiento de las placas que conforman la litósfera. El movimiento se debe a las corrientes de convección que se forman en la astenósfera.
7. La presencia de fósiles en diferentes continentes, los contornos de los continentes que encajan como en un rompecabezas y la evidencia de que las regiones tropicales alguna vez fueron frías.
11. Sí es la misma, ya que la extensión de la litósfera queda limitada a la de la superficie terrestre.
12. Aproximadamente 47 mm por año.

## Unidad 4

### Página 185. Actividad 1

1. El libro y la mano de la persona que lo sostiene.
2. Sí, porque para mantener la mano con el libro en el aire hay que ejercer más fuerza que si el libro no estuviera.

### Página 187. Actividades de cierre

1. a. La venda se estira.  
b. La pelota se deforma y el gimnasta se mantiene en el aire.
2. a. El elástico se puede deformar; la moneda, no.  
b. Al ejercer una fuerza sobre el elástico este se deformó y al dejar de aplicar la fuerza el elástico volvió a su forma original.  
c. Es un material elástico.

### Página 193. Actividad 3

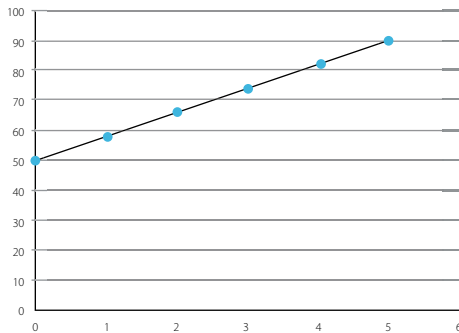
- a. El gráfico 1 representa una función lineal para cualquier valor de la fuerza aplicada; en el gráfico 2, la gráfica es lineal solo hasta cierto valor de  $F$ .
- b. En el gráfico 2 el resorte satisface la ley de Hooke hasta el límite elástico. Si la deformación del resorte supera este límite, ya no volverá a su forma original.

### Página 194. Ahora tú

El estiramiento será de 5 cm.

### Página 196. Actividades de cierre

1. 50 mm
2. Aproximadamente 120 N/m.
- 3.



### Páginas 198 y 199. Evaluación de proceso. Actividades

1. Cuerpos con efectos momentáneos: resorte, trozo de lámina de corcho y llave de metal. Cuerpos con efecto permanente: bloque de madera, plastilina, azulejo y *sweter* de lana.
2. Al aplicar una fuerza estos materiales se deforman, pero al dejar de ejercer la fuerza, vuelven a su forma original.
3. El funcionamiento del dinamómetro se basa en la ley de Hooke.
4. La deformación de un resorte es proporcional a la magnitud de la fuerza ejercida sobre él.
5. a. 200 N/m  
b. 11 cm

6. La afirmación correcta es la c.

7. a. Podría ser: ¿Cómo se puede obtener grandes cantidades de tela de araña?  
b. Existen varias técnicas con diferente éxito; por ejemplo, en el texto se mencionan dos alternativas para obtener tela de araña.

### Página 203. Actividad 5

1. Es un movimiento rectilíneo.
2. Se debe definir como positivo el sentido del movimiento del felino.

### Página 205. Actividades de cierre

1. a. La forma de la trayectoria es una línea recta.  
b. La distancia recorrida fue 16 km y el desplazamiento, 10 km.  
c. No, porque las coordenadas indican el punto exacto en el que se ubican los puntos, respecto del origen del sistema.

### Página 207. Actividad 6

1. Respecto de la persona que la sostiene, la mochila se encuentra quieta.
2. Respecto de cualquier punto en el suelo.

### Página 212. Actividad 7

1. a. 160 km/h hacia el oeste.  
b. 160 km/h hacia el este.

### Página 213. Ahora tú

$$V_{\text{auto/moto}} = 130 \text{ km/h}; v_{\text{peatón/moto}} = -50 \text{ km/h}$$

### Página 214. Actividades de cierre

1. Por ejemplo, observar a un peatón que se encuentre en reposo, o un objeto que no se mueva, como un paradero o un grifo.
2. a. 19 m/s  
b. 21 m/s  
c. La referencia corresponde a la vía férrea.

### Páginas 218 y 219. Evaluación de proceso

1. a.



- b. La distancia total recorrida es 1 200 m.  
c. Sí coincide.

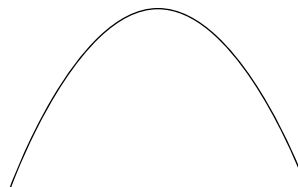
2. **a.** Un sistema cartesiano en una dimensión.  
**b.**  $-5\text{ m}$  y  $3\text{ m}$
3. Respecto de la silla, no, y respecto de Sol sí, ya que la Tierra orbita alrededor de este astro.
4. La trayectoria A es vista desde el avión y la B, desde un punto en la Tierra.
5. Es más peligroso un choque frontal entre dos vehículos a  $50\text{ km/h}$  ya que la velocidad relativa entre los automóviles es de magnitud igual a  $100\text{ km/h}$ .
6. **a.** Lo ve moverse en el mismo sentido definido como positivo según el sistema de referencia dado.  
**b.** La velocidad del inspector respecto del suelo es  $294\text{ km/h}$ .

### Páginas 222 a 224. Evaluación final

1. Los materiales elásticos sufren deformaciones momentáneas mientras dura la acción de la fuerza. Los materiales inelásticos sufren deformaciones permanentes.
2. Por ejemplo, los resortes y el acero sufren deformaciones momentáneas; la plastilina y el vidrio sufren deformaciones permanentes.
3. El desplazamiento de un cuerpo depende solo de su posición inicial y su posición final; sin embargo, estos dos puntos se pueden unir de infinitas maneras.
5. En todas las situaciones hay movimiento relativo: en el caso a, la velocidad del auto es diferente para la persona de la gradería que para el conductor; en el caso b, la velocidad del tripulante varía dependiendo de si el observador se encuentra en el barco o en tierra firme; en el caso c, la velocidad con la que se ven ambos chóferes es mayor que la velocidad con la que ven al avión moverse, pero para el piloto el avión no se mueve respecto de él.
6. **a.** Mientras más peso soporta el resorte, su elongación es mayor.  
**b.** El estiramiento y la fuerza deben ser proporcionales; por ejemplo, si el peso aumenta al doble, el estiramiento también aumenta al doble.
7. **c.** Diferentes. En este caso el desplazamiento es nulo y la trayectoria es una línea recta.
8. **a.**  $5\text{ N}$   
**b.** El resorte 1.
9. Por ejemplo, estar sobre un vehículo en movimiento, o desde el exterior de la Tierra.
10. **a.** El tren debe ir a una velocidad mayor que  $90\text{ km/h}$  y menor que  $120\text{ km/h}$ .  
**b.** Sí, en este caso la velocidad del tren es igual que la velocidad del auto al que el pasajero ve en reposo.
11. **a.** No, el movimiento de un cuerpo depende del sistema de referencia que se use.  
**b.** El marco de referencia empleado.
12. **a.** En el rango normal.  
**b.** Si la fuerza que deben soportar los músculos superan su límite elástico, los músculos podrían romperse.

- c.** Los músculos también presentan propiedades elásticas, de modo que, bajo ciertas condiciones, satisfacen la ley de Hooke.

13. **a.** Deben estar en reposo entre sí.  
**b.**



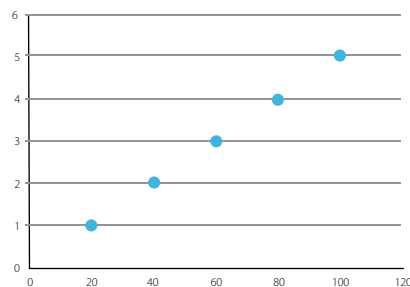
- c.** En la moneda.

14. **a.**  $-160\text{ km/h}$   
**b.**  $40\text{ km/h}$

### Páginas 225 a 227. Actividades complementarias

1. En el caso de la plastilina, la fuerza ejercida deforma permanentemente el material. En el caso del elástico, la fuerza aplicada lo deforma de manera momentánea.
3. Todos los objetos funcionan en base a la ley de Hooke: al aplicar una fuerza el resorte se estira o comprime en forma proporcional a la magnitud de dicha fuerza.
4. La constante elástica es  $166,67\text{ N/m}$ .
5. Hay que considerar un marco de referencia y un sistema de coordenadas.
6. La posición de un cuerpo corresponde a su ubicación, según un marco de referencia dado. Este cuerpo se encuentra en movimiento si su posición cambia en el tiempo.
7. Porque el movimiento depende del marco de referencia desde donde se describe.
8. Ambas personas se mueven en el sentido de movimiento del tren; sin embargo la persona de color blanco se mueve más rápidamente que la de color rojo.
9. Sí es un material elástico ya que vuelve a su forma original una vez usado.

10. **a.**



- b.**  $20\text{ N/m}$   
**c.**  $10\text{ cm}$



# Agradecimientos

Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI), por los logos e información relacionada con las medidas de prevención y seguridad frente a sismos y erupciones volcánicas.

Daniela Osorio, ingeniera en sonido, por la información y fotografías para la sección Ciencias, tecnología y sociedad, de la *Unidad 1: Ondas y sonido*.

## Bibliografía

Hewitt, P. (2004). *Física conceptual*. 9° ed. México, D. F.: Pearson Educación.

Serway, R., Vuille, C. y Faughn, J. (2010). *Fundamentos de física*, volumen 1 (8° ed.). México, D. F.: Cengage Learning.

Hecht, E. (1998). *Física: álgebra y trigonometría I*, vol. 1 (2° ed.). México, D. F.: International Thompson Editores S. A.

Tippens, P. (2001). *Física, conceptos y aplicaciones* (6° ed.). México, D. F.: McGraw Hill Interamericana Editores S. A.



Edición Especial para  
el Ministerio de Educación  
Prohibida su comercialización

